

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-329932

(P 2003-329932 A)

(43) 公開日 平成15年11月19日 (2003. 11. 19)

(51) Int. Cl. 7	識別記号	F I	テマコード (参考)
G02B 15/167		G02B 15/167	2H041
7/09		26/08	E 2H051
26/08		G03B 17/17	2H087
G03B 3/04		H04N 5/225	D 2H101
13/32		G02B 7/11	P 5C022
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全51頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2002-138835 (P 2002-138835)

(22) 出願日 平成14年5月14日 (2002. 5. 14)

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 三原 伸一

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

(74) 代理人 100065824

弁理士 篠原 泰司 (外1名)

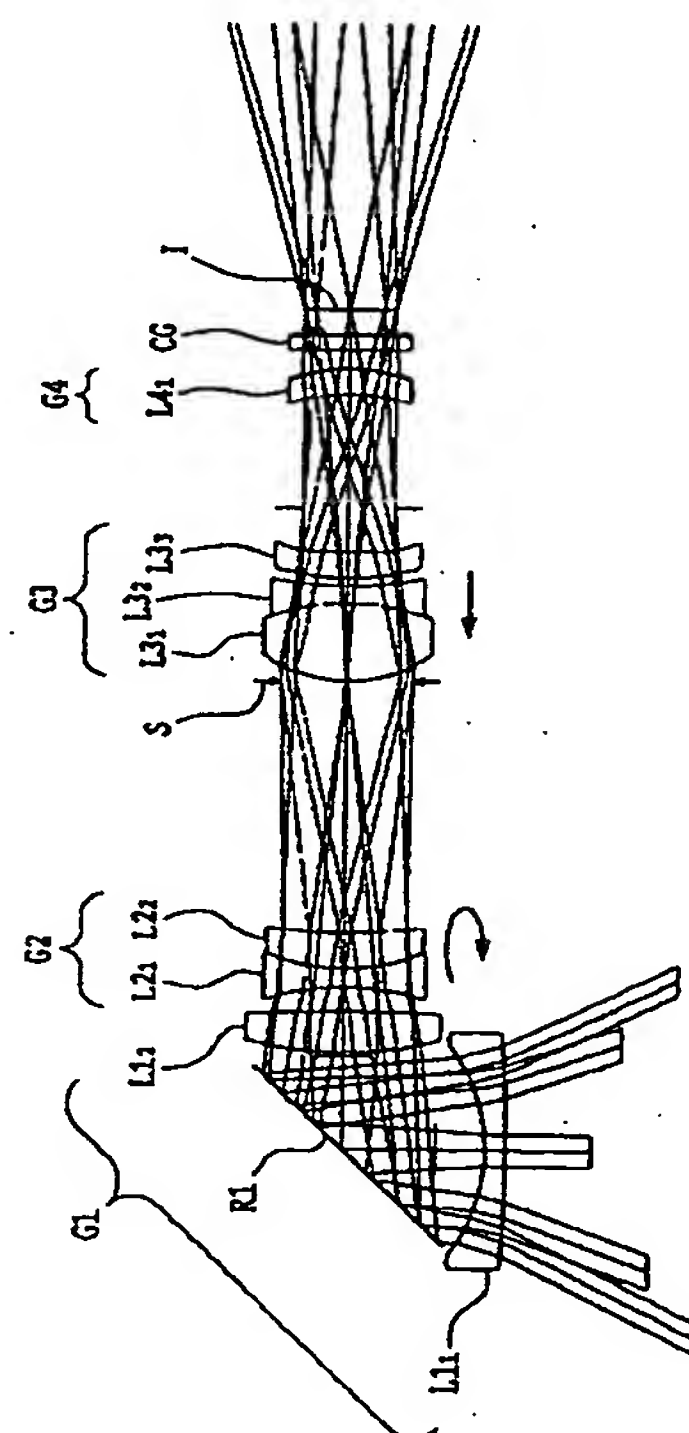
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ及びそれを有する電子撮像装置

(57) 【要約】

【課題】沈胴式鏡筒に見られる使用状態への立ち上げ時間がなく、防水・防塵上も好ましく、奥行き方向が極めて薄いカメラとすることが可能であり、駆動機構も単純で小型化しやすく、将来の撮像素子の小型化に比例して小さくすることが容易なズームレンズ及びそれを有する電子撮像装置を提供する。

【解決手段】最も物体側に位置し、変倍時及び合焦動作時ともに光軸上固定であるレンズ群G1と、最も像側に位置し、少なくとも合焦動作時に光軸上固定であるレンズ群G4と、レンズ群G1とレンズ群G4との間に位置し、変倍時に光軸上を移動する第1移動レンズ群G2及び第2移動レンズ群G3とを少なくとも有し、レンズ群G1が、物体側から順に負レンズ成分L1₁と、光路を折り曲げるための反射面を持つ表面鏡R1と、正レンズ成分L1₂とからなり、レンズ群G4が、少なくとも1つの非球面を有している。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 最も物体側に位置し、変倍時及び合焦動作時ともに光軸上固定である最物体側レンズ群と、最も像側に位置し、少なくとも合焦動作時に光軸上固定である最像側レンズ群と、

前記最物体側レンズ群と前記最像側レンズ群との間に位置し、変倍時に光軸上を移動する第 1 移動レンズ群及び第 2 移動レンズ群とを少なくとも有し、

前記最物体側レンズ群が、物体側から順に、負レンズ成分と、光路を折り曲げるための反射面を持つ表面鏡と、正レンズ成分とからなり、

前記最像側レンズ群が、少なくとも 1 つの非球面を有する、ことを特徴とするズームレンズ。

【請求項 2】 物体側から順に、正レンズ成分からなり、変倍時に固定の最物体側レンズ群としての第 1 レンズ群と、

負の屈折力を有し、変倍時に光軸上を移動する第 1 移動レンズ群としての第 2 レンズ群と、

正の屈折力を有し、変倍時に光軸上を移動する第 2 移動レンズ群としての第 3 レンズ群と、

最も像側に配置された最像側レンズ群とを有し、

前記第 1 レンズ群が、物体側から順に、負レンズ成分と、光路を折り曲げるための反射面を持つ表面鏡を有し、

前記反射面が、形状可変であることを特徴とするズームレンズ。

【請求項 3】 無限遠物点合焦時において広角端から望遠端に変倍する際に、前記第 2 レンズ群が光軸上を像側に凸状の軌跡で往復移動することを特徴とする請求項 2 に記載のズームレンズ。

【請求項 4】 前記反射面の形状を変化させることにより合焦動作を行うことを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載のズームレンズ。

【請求項 5】 前記反射面が、金属または誘電体がコーティングされた薄膜で構成され、

前記薄膜が、複数の電極及び可変抵抗器を介して電源と接続され、

前記可変抵抗器の可変抵抗値を制御する演算装置を備え、

前記薄膜に掛けられる静電気力の分布をコントロールすることにより前記反射面の形状を可変に構成したことを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載のズームレンズ。

【請求項 6】 請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載のズームレンズと、

その像側に配置された電子撮像素子とを有することを特徴とする電子撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ズームレンズ及び

それを有する電子撮像装置に関し、特にズームレンズ等の光学系部分の工夫により奥行き方向の薄型化を実現した、ビデオカメラやデジタルカメラを始めとする電子撮像装置及びそれに用いるズームレンズに関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】 近年、銀塩 3 5 mm フィルム（1 3 5 フォーマット）カメラに代わる次世代カメラとしてデジタルカメラ（電子カメラ）が注目されてきている。さらに、それは業務用高機能タイプからポータブルな普及タイプまで幅広い範囲でいくつものカテゴリーを有するようになってきている。本発明においては、特にポータブルな普及タイプのカテゴリーに注目し、高画質を確保しながら奥行きが薄く使い勝手の良好なビデオカメラ、デジタルカメラを実現する技術を提供することをねらっている。

【0 0 0 3】 カメラの奥行き方向を薄くするのに最大のネックとなっているのは、光学系、特にズームレンズ系の最も物体側の面から撮像面までの厚みである。最近におけるカメラボディ薄型化技術の主流は、撮影時には光学系がカメラボディ内から突出しているが、携帯時には収納するいわゆる沈胴式鏡筒を採用することである。沈胴式鏡筒を採用して効果的に薄型化できる可能性を有する光学系の例としては、特開平 1 1 - 1 9 4 2 7 4 号公報、特開平 1 1 - 2 8 7 9 5 3 号公報、特開 2 0 0 0 - 9 9 9 7 号公報等に記載のものがある。これらは、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 群と、正の屈折力を有する第 2 群を有し、第 1 群、第 2 群共に変倍時には移動する。

【0 0 0 4】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、沈胴式鏡筒を採用するとレンズ収納状態から使用状態に立ち上げるための時間が掛かり使い勝手上好ましくない。また、最も物体側のレンズ群を可動とすると、防水・防塵上好ましくない。なお、レンズ部品の厚み方向には加工限界サイズという物理的制約があり、また、沈胴式鏡筒の長さはレンズ部品の厚みで決まってしまう関係上、今後、撮像素子のさらなる小型化が実現しても、それに比例したカメラの奥行き方向の薄型化は期待できない。

【0 0 0 5】 一方、沈胴式鏡筒に見られるようなカメラの使用状態への立ち上げ時間（レンズのせり出し時間）がなく、防水・防塵上も好ましく、また、奥行き方向が極めて薄いカメラとするために、光学系の光路（光軸）をミラーなど反射光学素子で折り曲げる構成も考えられる。この場合は、奥行き方向は薄くできても、折り曲げた後の光路全長が長くなるため、奥行き以外の寸法が大きくなりがちである。しかし、この光路を折り曲げる構成は、今後、撮像素子のさらなる小型化が実現するとそれに比例して薄くできることが期待できる。ただし、一方では、撮像素子の小型化による回折の影響を考慮する

必要がある。

【0006】本発明は従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、沈胴式鏡筒に見られるようなカメラの使用状態への立ち上げ時間（レンズのせり出し時間）がなく、防水・防塵上も好ましく、また、奥行き方向が極めて薄いカメラとすることが可能であり、駆動機構も単純で小型化しやすく、将来の撮像素子の小型化に比例して小さくすることが容易なズームレンズ及びそれを有する電子撮像装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本第1の発明によるズームレンズは、最も物体側に位置し、変倍時及び合焦動作時ともに光軸上固定である最物体側レンズ群と、最も像側に位置し、少なくとも合焦動作時に光軸上固定である最像側レンズ群と、前記最物体側レンズ群と前記最像側レンズ群との間に位置し、変倍時に光軸上を移動する第1移動レンズ群及び第2移動レンズ群とを少なくとも有し、前記最物体側レンズ群が、物体側から順に、負レンズ成分と、光路を折り曲げるための反射面を持つ表面鏡と、正レンズ成分とからなり、前記最像側レンズ群が、少なくとも1つの非球面を有することを特徴とする。

【0008】また、本第2の発明によるズームレンズは、物体側から順に、正レンズ成分からなり、変倍時に固定の最物体側レンズ群としての第1レンズ群と、負の屈折力を有し、変倍時に光軸上を移動する第1移動レンズ群としての第2レンズ群と、正の屈折力を有し、変倍時に光軸上を移動する第2移動レンズ群としての第3レンズ群と、最も像側に配置された最像側レンズ群とを有し、前記第1レンズ群が、物体側から順に、負レンズ成分と、光路を折り曲げるための反射面を持つ表面鏡を有し、前記反射面が、形状可変であることを特徴とする。

【0009】また、本第3の発明によるズームレンズは、本第1又は第2の発明において、無限遠物点合焦時において広角端から望遠端に変倍する際に、前記第2レンズ群が光軸上を像側に凸状の軌跡で往復移動することを特徴とする。

【0010】また、本第4の発明によるズームレンズは、本第1～第3のいずれかの発明において、前記反射面の形状を変化させることにより合焦動作を行うことを特徴とする。

【0011】また、本第5の発明によるズームレンズは、本第1～第4のいずれかの発明において、前記反射面が、金属または誘電体がコーティングされた薄膜で構成され、前記薄膜が、複数の電極及び可変抵抗器を介して電源と接続され、前記可変抵抗器の可変抵抗値を制御する演算装置を備え、前記薄膜に掛けられる静電気力の分布をコントロールすることにより前記反射面の形状を可変に構成したことを特徴とする。

【0012】また、本第6の発明による電子撮像装置は、本第1～第5のいずれかの発明のズームレンズと、その像側に配置された電子撮像素子とを有することを特徴とする。

【0013】

【発明の実施の形態】実施例の説明に先立ち、本発明において上記構成を採用する理由及び作用について説明する。本発明の撮像装置では、ズームレンズ系の光路（光軸）をミラーなど反射光学素子で折り曲げる構成を採用し、その小型化に向けて様々な工夫を盛り込んでいる。

【0014】本発明におけるズームレンズ系の基本的構成は、最も物体側のレンズ群（以下、第1レンズ群と呼ぶ。）を、物体側から順に、負レンズ成分と、光路を折り曲げるための反射面（表面鏡）と、正レンズ成分とからなり、変倍時及び合焦時のいずれにおいても不動となるようにするとともに、最も像側のレンズ群（以下、最終レンズ群と呼ぶ。）を、非球面を有し合焦時には不動となるようにし、さらに、前記2つの群の間に変倍のために可動である別のレンズ群を有する構成となっている。（なお、本願においてレンズ成分とは、最も物体側のレンズ面と最も像側のレンズ面のみが空気間隔と接し、かつ、その間に空気間隔を含まないレンズであり、単レンズ又は接合レンズを1単位とする。）しかし、第1レンズ群に光路を折り曲げるための反射面（表面鏡）を設けると、次の2つの問題が生じる。第1に、入射瞳が深くなり、もともと径の大きな第1レンズ群を構成する各レンズエレメントがさらに肥大化し、光路折り曲げの成立性自体が問題になる。第2に、もともと変倍機能を有する、第1レンズ群よりも像側の変倍機能を司る各レンズ群の合成系倍率がゼロに近づき、移動量の割に変倍率が低くなる。

【0015】そこで、まず、光路折り曲げの成立条件について説明する。第1レンズ群に光路を折り曲げるための反射面（表面鏡）を設けると、必然的に入射瞳位置が深くなる傾向にあり、第1レンズ群を構成する各光学エレメントの径やサイズが肥大化し、光路折り曲げが物理的に成立しにくくなる。従って、前記第1レンズ群を、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負レンズと、光路を折り曲げるための反射面（表面鏡）と、正レンズとで構成することで入射瞳を浅くする。

【0016】このように光路折り曲げのためのスペース確保の関係上、前記第1レンズ群の負レンズと正レンズは各々ある程度以上の強いパワーを有しながら互いに距離をおいて配置することになるために、コマ収差、非点収差、歪曲収差など各軸外収差がどうしても悪化するが、これは最終レンズ群に非球面を導入することで補正が可能となる。一方、前記最終レンズ群の非球面による軸外収差補正量はかなり大きく、これを用いてリアフォーカスを行なうと軸外収差は著しく変動する。従って、最終レンズ群は合焦時には不動とし、たとえば前記光路

を折り曲げるための反射面（表面鏡）の面形状を可変として制御するなど系内の別の光学素子を用いるのがよい。

$$0.9 < -f_{11}/\sqrt{f_w \cdot f_T} < 2.4 \quad \dots (1)$$

$$1.6 < f_{12}/\sqrt{f_w \cdot f_T} < 3.6 \quad \dots (2)$$

$$1.4 < d/L < 3.0 \quad \dots (3)$$

ただし、 f_{11} は最物体側レンズ群における負レンズ成分の焦点距離、 f_{12} は最物体側レンズ群における正レンズ成分の焦点距離、 f_w はズームレンズの広角端における全系の焦点距離、 f_T はズームレンズの望遠端における全系の焦点距離、 d は最物体側レンズ群における負レンズ成分の像側面頂から正レンズ成分の物体側面頂までの光軸上に沿って測った空気換算長、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長である。

【0018】入射瞳を浅くして光路折り曲げを物理的に可能にするには、条件式(1)、(2)を満たして第1レンズ群の両サイドのレンズエレメントのパワーを強くするのがよい。条件式(1)、(2)ともに上限値を上回ると、入射瞳は深いままであるため、ある程度の画角を確保しようとすると第1レンズ群を構成する各光学エレメントの径

$$1.1 < -f_{11}/\sqrt{f_w \cdot f_T} < 2.1 \quad \dots (1')$$

$$1.8 < f_{12}/\sqrt{f_w \cdot f_T} < 3.3 \quad \dots (2')$$

$$1.5 < d/L < 2.7 \quad \dots (3')$$

さらに、次の条件式(1')、(2')、(3')のうち少なくとも

$$1.3 < -f_{11}/\sqrt{f_w \cdot f_T} < 1.8 \quad \dots (1'')$$

$$2.0 < f_{12}/\sqrt{f_w \cdot f_T} < 3.0 \quad \dots (2'')$$

$$1.6 < d/L < 2.5 \quad \dots (3'')$$

【0021】また、上述のように、第1レンズ群の負レンズと正レンズを各々ある程度以上の強いパワーを有しながら互いに距離をおいて配置すると、変倍に伴う倍率

$$2.6 < \nu_{1N} \quad \dots (4)$$

$$-0.1 < \sqrt{f_w \cdot f_T} / f_1 < 0.6 \quad \dots (5)$$

但し、 ν_{1N} は前記第1レンズ群の物体側負レンズ媒質のアッペ数、 f_1 は第1レンズ群の焦点距離、 f_w はズームレンズの広角端における全系の焦点距離、 f_T はズームレンズの望遠端における全系の焦点距離である。

【0022】条件式(4)の下限値を下回ると、倍率色収差の変倍時における変動が大きくなり好ましくない。なお、条件式(4)の上限値についての制限はない。条件式

$$3.0 < \nu_{1N} \quad \dots (4')$$

$$-0.05 < \sqrt{f_w \cdot f_T} / f_1 < 0.4 \quad \dots (5')$$

さらに、次の条件式(4')、(5')のいずれかを満たすと最

$$3.3 < \nu_{1N} \quad \dots (4'')$$

$$0 < \sqrt{f_w \cdot f_T} / f_1 < 0.2 \quad \dots (5'')$$

【0024】次に、光路を折り曲げるための反射面（表面鏡）を有するズームレンズの変倍と合焦の方法について述べる。変倍方式としては、次の3つの方式が考えられる。

①物体側から順に、負の屈折力を有し反射面（表面鏡）を含み不動の第1レンズ群と、正の屈折力を有し広角端

【0017】上記折り曲げを物理的に成立させるには、次の条件式(1)、(2)を、さらには(3)を満足するのがよい。

やサイズが肥大化し光路折り曲げが物理的に成立しにくくなる。一方、条件式(1)、(2)の下限値を下回ると、第1レンズ群の正レンズの径が肥大化し、コマ収差、非点収差、歪曲収差など軸外収差補正の補正が困難になる。

【0019】条件式(3)は、光路を折り曲げるための反射面（表面鏡）を設けるために必要な光軸に沿って測った長さを規定する条件式である。条件式(3)の値は出来る限り小さい方がよいが、下限値を下回ると、光路折り曲げが成立しないか、あるいは、画面周辺部の結像に寄与する光束が満足に像面に達しない。一方、条件式(3)の上限値を上回ると条件式(1)、(2)同様、各軸外収差補正が困難になる。

【0020】なお、次の条件式(1')、(2')、(3')のうち少なくともいずれか1つ満たすとさらに良い。

いずれか1つ満たすと最も良い。

色収差の変動量も大きくなりがちである。従って、次の条件式(4)、(5)も満足するのがよい。

(5)の上限値を上回ると、軸外収差補正や色収差補正が困難になり、特に、倍率色収差は条件式(4)を満たしても補正が困難になる場合が生ずる。一方、条件式(5)の下限値を下回ると、変倍のために移動するレンズ群が移動することによる収差変動が大きくなる場合が生ずる。

【0023】なお、次の条件式(4')、(5')のいずれかを満たすとさらに良い。

$$\dots (4')$$

$$\dots (5')$$

も良い。

$$\dots (4'')$$

$$\dots (5'')$$

から望遠端への変倍時に物体側へのみ移動する第2レンズ群と、変倍時に前記第2レンズ群と異なった動きをする第3レンズ群と、非球面を有し不動の最終レンズ群からなるズーム方式。

②物体側から順に、正の屈折力を有し反射面（表面鏡）を含み不動の第1レンズ群と、負の屈折力を有し広角端

から望遠端への変倍時に像側へのみ移動する第2レンズ群と、変倍時に第2レンズ群と反対方向へのみ移動する第3レンズ群と、最終レンズ群とからなるズーム方式。

③物体側から順に、正の屈折力を有し反射面（表面鏡）を含み不動の第1レンズ群と、負の屈折力を有し広角端から望遠端への変倍時に像側へ凸の往復運動する第2レンズ群と、正の屈折力を有し広角端から望遠端への変倍時に物体側へのみ移動する第3レンズ群と、非球面を有し不動の最終レンズ群とからなるズーム方式。

【0025】まず、上記①の方式には、変倍比確保の関係上、第3レンズ群にパワーをつけにくく、移動量が大きくなりすぎてカムの傾きが大きくなりがちな欠点がある。このため、本発明では、上記②又は③の方式を採用した。次に、上記②の方式には、第1レンズ群の物体側

$$0.3 < -\beta R_w < 0.8 \quad \dots (6)$$

$$0.8 < f R_w / \sqrt{f_w \cdot f_T} < 2.0 \quad \dots (7)$$

ただし、 βR_w は無限遠物点合焦時での広角端における第3レンズ群以降の合成倍率、 $f R_w$ は無限遠物点合焦時での広角端における第3レンズ群以降の合成焦点距離、 f_w はズームレンズの広角端における全系の焦点距離、 f_T はズームレンズの望遠端における全系の焦点距離である。

【0027】条件式(6)の下限値を下回ると、ズームレンズ全系において十分高い変倍率が得られないか、移動スペースが大きくなりすぎサイズが肥大化する。一方、

$$0.35 < -\beta R_w < 0.75 \quad \dots (6')$$

$$1.0 < f R_w / \sqrt{f_w \cdot f_T} < 1.8 \quad \dots (7')$$

さらに、次の条件式(6''), (7'')のいずれかを満たすと最も良い。

$$0.4 < -\beta R_w < 0.7 \quad \dots (6'')$$

$$1.2 < f R_w / \sqrt{f_w \cdot f_T} < 1.6 \quad \dots (7'')$$

【0029】なお、本発明のズームレンズにおける合焦は通常ズームレンズの中のいずれかのレンズ群を移動して行なってもよいが、ズームレンズ鏡筒でのレンズ群の駆動量を減らして小型化するために、前記第1レンズ群の反射面の形状を可変に制御することにより合焦を行うのが良い。たとえば、前記反射面を金属あるいは誘電体がコーティングされた薄膜で構成し、前記薄膜に複数の電極や可変抵抗器を介して電源と接続し、さらに、可変抵抗値を制御する演算装置を設け、前記薄膜に掛かる静電気力の分布をコントロールすることで反射面形状を可

$$F \geq a$$

を満足する関係となるほどに小さな電子撮像素子を使用して、本発明のズームレンズを使用すると効果的である。その際、次に述べるような工夫をするとさらに良い。

【0031】撮像素子が小さくなると画素ピッチも比例して小さくなり、回折の影響による画質劣化が無視でなくなる。特に、広角端での開放F値と使用する電子撮像素子の水平画素ピッチ a (μm)との関係が、上記条件式(5)を満足するまで縮小化した場合、開放のみの使

の負レンズのパワーが弱い、又は、第1レンズ群の像側の正レンズのパワーが強すぎるため、入射瞳を浅くすること、軸外諸収差の補正、倍率色収差の補正等についての困難さがある。これに対し、上記③の方式は、前記第2レンズ群をフォーカスのために動かすスペースの確保が必要な場合以外は、収差補正もズームの動き方もさらにはサイズも問題ない。そこで、本発明においては、上記③の方式を採用した。これにより、フォーカスについては前記光路を折り曲げるための反射面（表面鏡）の面形状を可変として制御することでその欠点を解消できる。

【0026】さらに、次の条件式(6), (7)を満たすとよい。

条件式(6)の上限値を上回るとは理屈上稀有であるが、やはり移動スペースを多く必要とする。条件式(7)の下限値を下回ると、第3レンズ群以降の合成系倍率が低下することにより変倍効率が悪化する。一方、条件式(7)の上限値を上回ると、第3レンズ群以降の合成系焦点距離が長くなることにより変倍効率が悪化する。

【0028】なお、次の条件式(6'), (7')のいずれかを満たすとさらに良い。

も良い。

変にするのが良い。

【0030】ところで、形状可変の反射面はその製作性や制御性の面から小型である方が有利である。また、撮像素子の小型化が進んだ場合のカメラ奥行き（奥行き）の縮小は、本発明のような光路を折り曲げる方式のほうが、前記沈胴方式よりも有利である。従って、カメラをさらに薄くするために電子撮像素子の水平画素ピッチ a (μm)をズームレンズの広角端での開放F値に対して、次の条件式(5)

$$\dots (5)$$

用しか出来なくなる。従って、F値を決める開口絞りは内径を固定とし、さらに開口絞りの挿脱や抜き差し交換をも行わないようにする。そのうえで、前記開口絞り（絞り）と隣り合う屈折面のうち少なくとも一方を前記開口絞りに向かって凸面を向け（本発明では像側に隣り合う屈折面が相当する）、前記開口絞りから光軸に下ろした垂線と光軸との交点が前記凸面の面頂から0.5mm以内であるか、あるいは前記凸面が開口絞り部位の裏面まで含めた開口絞り部材の内径部と交差あるいは接するように配

置する。このようにすれば、従来よりスペースを著しく占有していた開口絞りのためのスペースが不要となり、スペースを大幅に節約して、小型化に著しく貢献できる。

【0032】また、光量調節については開口絞りに代えて透過率可変手段を用いると良い。透過率可変手段は、光路のどの位置に入れても問題ないため、元々スペースの余裕のある空間に入れると良い。特に本発明の場合、変倍のために移動するレンズ群と撮像素子との間に挿入するのが良い。透過率可変手段としては透過率が電圧等で可変であるものを用いたり、異なった透過率を有する複数のフィルターを挿脱や抜き差し交換して組み合わせても良い。また、電子撮像素子に導かれる光束の受光時間を調節するシャッターを開口絞りとは別の空間に配置するのが良い。

【0033】また、広角端の開放F値と使用する電子撮像素子の水平画素ピッチ a (μm) との関係において、上記条件式 (5) ($F \geq a$) を満たす場合は、光学ローパスフィルターはなくても良い。つまり、ズームレンズ系と撮像素子との間の光路上の媒質はすべて空気あるいは非結晶媒質のみとして良い。回折と幾何収差による結像特性の劣化のために折り返し歪みを発生させ得る周波数成分が、ほとんどないからである。あるいは、前記ズームレンズ系と前記電子撮像素子との間にある各々の光学素子は媒質境界面が全てほぼ平面であり、かつ、光学ローパスフィルターのような空間周波数特性変換作用がないものを使用する構成でも良い。

【0034】次に、変倍率確保や収差補正を良好に行うための方法について述べる。この両方に深く関与するのは第3レンズ群の構成である。構成枚数は多い方が有利であるが、小型化という最大の目的達成に支障がある。このため、極力少ない枚数で構成することが重要である。前記第3レンズ群は変倍機能を担うため、広角端から望遠端に変倍する際、物体側にのみ移動することになるが、収差補正に関して、第3レンズ群内を構成するのに必要なレンズ枚数は、正レンズ1枚と負レンズ1枚を含む合計3枚で足りる。しかし、負レンズの偏心敏感度（単位偏心量に対する収差の増大量）が大きい。このため、上記負レンズを第3レンズ群内のいずれかの正レン

$$0.4 < R_{c3}/R_{c1} < 0.8 \quad \dots (8A)$$

$$1.0 < R_{c3}/R_{c1} < 1.0 \quad \dots (8B)$$

ただし、 R_{c3} は第3レンズ群における接合レンズ成分の最も像側の面の光軸上での曲率半径、 R_{c1} は第3レンズ群における接合レンズ成分の最も物体側の面の光軸上での曲率半径である。

【0039】条件式 (8A)、(8B) の上限値を上回ると、全系収差の球面収差・コマ収差・非点収差の補正には有利であるが、接合による偏心敏感度の緩和の効果が少ない。

$$0.45 < R_{c3}/R_{c1} < 0.7 \quad \dots (8'A)$$

$$1.5 < R_{c3}/R_{c1} < 8 \quad \dots (8'B)$$

ズと接合するのがよい。従って、第3レンズ群内の構成は、

A. 物体側から順に、単レンズと、正レンズと負レンズの接合レンズ成分

B. 物体側から順に、正レンズと負レンズの接合レンズ成分と、単レンズ

C. 物体側から順に、正レンズと負レンズと正レンズの3枚接合レンズ成分

の3通りとなる。

10 【0035】また、変倍時に移動する第2レンズ群と第3レンズ群の移動スペースを小さく抑えるために、第3レンズ群の倍率は中間焦点距離にて-1倍になるようにするのがよい。しかしながら、本発明の第1レンズ群を上述のように構成すると、どうしても第3レンズ群以前の系による像点、すなわち第3レンズ群に対する物点が通常よりも物体側に遠のくために、第3レンズ群の倍率はゼロ寄りとなり移動スペースが多く必要となる。

20 【0036】しかるに、第3レンズ群を上記Aのように構成した場合は、第3レンズ群の前側主点がより物体側に位置するためにその不利を解消できる利点がある。同様に後側主点もまた、より物体側に位置するために、第3レンズ群以降に無駄なスペースが出来ない。従って、光路折り曲げ個所以降の長さを短くするのに有効である。一方、第3レンズ群を上記Aのように構成した場合は、射出瞳位置が近くなる傾向があることと、変倍によるF値の変化量が大きく望遠端にて回折の影響を受けやすくなるという欠点がある。そこで、第3レンズ群を上記Aのように構成する場合は、小型にしやすいことと併せてやや大きめの撮像素子を利用するのに向いている。

30 【0037】一方、第3レンズ群を上記BやCのように構成した場合は、その逆で、長さが上記Aのように構成した場合よりも長くなるが、射出瞳位置や変倍時のF値変化の点で有利なため、小さめの撮像素子が向いている。

【0038】なお、第3レンズ群を上記Aのように構成する場合は、次の条件式 (8A) を満足し、第3レンズ群を上記Bのように構成する場合は、次の条件式 (8B) を満足するとよい。

一方、条件式 (8A)、(8B) の下限値を下回ると、全系収差の球面収差・コマ収差・非点収差の補正が困難になりやすい。なお、第3レンズ群を上記Aのように構成する場合は、次の条件式 (8'A) を満足し、第3レンズ群を上記Bのように構成する場合は、次の条件式 (8'B) を満足するとさらに良い。

さらに、第3レンズ群を上記Aのように構成する場合は、次の条件式(8'A)を満足し、第3レンズ群を上記B

$$\begin{aligned} 0.5 < R_{c3}/R_{c1} < 0.6 \\ 2 < R_{c3}/R_{c1} < 6 \end{aligned}$$

【0040】さらには、色収差補正に関し、次の条件式(9A)、(10A)（以上、第3レンズ群を上記Aのように構成する場合）、あるいは条件式(9B)、(10B)（以上、第

$$\begin{aligned} -0.7 < L/R_{c2} < 0.1 & \dots (9A) \\ 1.5 < \nu_{cp} - \nu_{cn} & \dots (10A) \\ -1.1 < L/R_{c2} < 0 & \dots (9B) \\ 1.5 < \nu_{cp} - \nu_{cn} & \dots (10B) \end{aligned}$$

ただし、Lは使用する撮像素子の対角長(mm)である。なお、前記撮像素子については広角端画角が55度以上を含むように使用することが前提である。R_{c2}は第3レンズ群における接合レンズ成分の接合面の光軸上での曲率半径、ν_{cp}は第3レンズ群における接合レンズ成分の正レンズの媒質のアッペ数、ν_{cn}は第3レンズ群の接合レンズ成分における負レンズの媒質のアッペ数である。

【0041】条件式(9A)、(9B)の下限値を下回ると、軸上色収差・倍率色収差の補正には有利であるが、球面収差の色収差が発生しやすく、特に、基準波長における球面収差が良好に補正できても短波長の球面収差はオーバ

$$\begin{aligned} -0.6 < L/R_{c2} < 0.0 & \dots (9'A) \\ 2.0 < \nu_{cp} - \nu_{cn} & \dots (10'A) \\ -0.9 < L/R_{c2} < -0.2 & \dots (9'B) \\ 2.0 < \nu_{cp} - \nu_{cn} & \dots (10'B) \end{aligned}$$

【0043】さらに、第3レンズ群を上記Aのように構成する場合は、次の条件式(9'A)、(10'A)のうち少なくともいずれか1つを満たし、あるいは第3レンズ群を上

$$\begin{aligned} -0.5 < L/R_{c2} < -0.1 & \dots (9'A) \\ 2.5 < \nu_{cp} - \nu_{cn} & \dots (10'A) \\ -0.7 < L/R_{c2} < -0.3 & \dots (9'B) \\ 2.5 < \nu_{cp} - \nu_{cn} & \dots (10'B) \end{aligned}$$

また、条件式(10A)、(10'A)、(10'B)、(10'B)については、ν_{cp}-ν_{cn}が90を超えないように定めても良い。上限値90を超える媒質の組み合わせは自然界には存在しない。さらには、ν_{cp}-ν_{cn}が60を超えないようにするのが望ましい。上限値60を超え

$$-4.0 < (R_{cf} + R_{cr}) / (R_{cf} - R_{cr}) < 0 \dots (11)$$

ただし、R_{cf}は3枚接合レンズ成分の最も物体側の面の光軸上での曲率半径、R_{cr}は3枚接合レンズ成分の最も像側の面の光軸上での曲率半径である。0.6 < D_c/f_w < 1.8

$$0.002/\text{mm}^2 < \sum |(1/R_{ci}) - (1/R_{ca})|^2 < 0.05/\text{mm}^2 \dots (13)$$

ただし、R_{ci}は3枚接合レンズ成分の物体側からi番目の接合面の光軸上の曲率半径、R_{ca}はR_{ca}=m/

$$5 \times 10^{-5} < \sum |(1/\nu_{cj} + 1) - (1/\nu_{cj})|^2 < 4 \times 10^{-3} \dots (14)$$

のように構成する場合は、次の条件式(8'B)を満足すると最も良い。

$$\begin{aligned} \dots (8'A) \\ \dots (8'B) \end{aligned}$$

3レンズ群を上記Bのように構成する場合)を満たすと良い。

ーコレクト状態となり、画像における色のにじみの原因となるので好ましくない。一方、(9A)、(9B)の上限値を上回ると、軸上色収差・倍率色収差が補正不足や短波長球面収差のアンダーコレクト状態となりやすい。条件式(10A)、(10B)の下限値を下回ると、軸上色収差が補正不足になりやすい。一方、条件式(10A)、(10B)の上限値を上回る媒質の組み合わせは自然界には存在しない。

【0042】なお、第3レンズ群を上記Aのように構成する場合は、次の条件式(9'A)、(10'A)のうち少なくともいずれか1つを満たし、あるいは第3レンズ群を上記Bのように構成する場合は、次の条件式(9'B)、(10'B)のうち少なくともいずれか1つを満たすとさらに良い。

記Bのように構成する場合は、次の条件式(9'B)、(10'B)のうち少なくともいずれか1つを満たすと最も良い。

ると、用いる材料が高価になってしまう。

【0044】一方、第3レンズ群を上記Cのように構成する場合は、次の条件式(11)～(15)のいずれか1つ以上を満たすようにするとよい。

ただし、D_cは、3枚接合レンズ成分の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上での距離、f_wはズームレンズの広角端における全系の焦点距離である。

ただし、 ν_{cj} は3枚接合レンズ成分の物体側から*i*番目のd線基準での媒質のアッベ数、 $j=1 \cdots n-1$ であり、ここで、 n は接合されるレンズ枚数の3である。

$$0.005 < \sum |n_{cj+1} - n_{cj}|^2 < 0.5$$

ただし、 n_{cj} は3枚接合レンズ成分の物体側から*i*番目のd線基準での媒質の屈折率、 $j=1 \cdots n-1$ であり、ここで、 n は接合されるレンズ枚数の3である。

【0045】条件式(11)は、変倍の際に移動するレンズ群のなかで*m*個 ($m \geq 2$) の接合面を有する接合レンズ成分のシェープファクターを規定した条件式である。条件式(11)の下限値を下回ると、変倍比の確保、もしくは、使用状態での全長（これは沈胴時の体積に関連する）の短縮が困難になる。一方、条件式(11)の上限値を上回ると、非球面を導入しても球面収差、コマ収差の補正が困難なる。

【0046】条件式(12)は、変倍の際に移動するレンズ群のなかで*m*個 ($m \geq 2$) の接合面を有する接合レンズ成分の最も物体側の面と最も像側の面との光軸上での距離（厚み）を規定した条件式である。条件式(12)の上限値を上回ると、沈胴時の全系の厚みが薄くならない。一方、条件式(12)の下限値を下回ると、各接合面の曲率半径を小さく出来ず、接合による効果（色収差などの補正など）を発揮できない。

【0047】条件式(13)は、各接合面が収差補正効果を発揮するための条件式である。条件式(13)の上限値を上

$$-3.0 < (R_{cf} + R_{cr}) / (R_{cf} - R_{cr}) < -0.3$$

…(11')

$$0.8 < D_c / f_w < 1.6$$

…(12')

$$0.004 / \text{mm}^2 < \sum |(1/R_{ci}) - (1/R_{ca})|^2 < 0.04 / \text{mm}^2$$

…(13')

$$1 \times 10^{-4} < \sum |(1/\nu_{cj+1}) - (1/\nu_{cj})|^2 < 3 \times 10^{-3}$$

…(14')

$$0.01 < \sum |n_{cj+1} - n_{cj}|^2 < 0.4$$

…(15')

【0051】条件式(11)～(15)の各々について、さらに次の条件式(11')～(15')のように限定すれば、最も薄型

化・高性能化が可能である。

$$-2.0 < (R_{cf} + R_{cr}) / (R_{cf} - R_{cr}) < -0.5$$

…(11')

$$1.0 < D_c / f_w < 1.4$$

…(12')

$$0.006 / \text{mm}^2 < \sum |(1/R_{ci}) - (1/R_{ca})|^2 < 0.03 / \text{mm}^2$$

…(13')

$$2 \times 10^{-4} < \sum |(1/\nu_{cj+1}) - (1/\nu_{cj})|^2 < 2 \times 10^{-3}$$

…(14')

$$0.02 < \sum |n_{cj+1} - n_{cj}|^2 < 0.3$$

…(15')

【0052】さらに、本発明のズームレンズは、第1レンズ群における物体側負レンズに非球面を導入するのが

よい。さらに、第1レンズ群における像側正レンズが、次の条件式(16)を満たすとよい。

$$-2.5 < (R_{1pf} + R_{1pr}) / (R_{1pf} - R_{1pr}) < 0.6$$

…(16)

ただし、 R_{1pf} は最物体側レンズ群の正レンズ成分の物体側面の光軸上での曲率半径、 R_{1pr} は最物体側レンズ群の正レンズ成分の像側面の光軸上での曲率半径であ

る。

【0053】条件式(16)の上限値を上回ると、高次の倍率色収差が発生しやすい。一方、条件式(16)の下限値を

回ると、収差補正には有利であるが、条件式(12)の上限値を上回りやすくなってしまう。一方、条件式(13)の下限値を下回ると、レンズ系を薄くするには有利であるが、収差補正効果を互いに相殺し好ましくない。

【0048】条件式(14)は、変倍の際に移動するレンズ群のなかで*m*個 ($m \geq 2$) の接合面を有する接合レンズ成分の色収差補正に関して規定する条件式である。条件式(14)の下限値を下回ると、色収差補正が不十分である。一方、条件式(14)の上限値を上回ると、色収差補正が過剰になる場合が生ずる。

【0049】条件式(15)は変倍の際に移動するレンズ群のなかで*m*個 ($m \geq 2$) の接合面を有する接合レンズ成分の球面収差、コマ収差、像面湾曲補正に関して規定する条件式である。条件式(15)の下限値を下回ると、球面収差、コマ収差補正が不十分でベッツバル和が負の大きな値になりやすい。一方、条件式(15)の上限を上回ると、球面収差、コマ収差の高次成分が発生しやすく、ベッツバル和が正の大きな値になりやすい。なお、条件式(14)、(15)は、正レンズが負レンズに対して屈折率が低くアッベ数が高いケースについて規定する条件式である。

【0050】また、条件式(11)～(15)の各々について、さらに次の条件式(11')～(15')のように限定すれば、より薄型化・高性能化が可能である。

下回ると、入射瞳が深くなりやすい。なお、次の条件式 (16') を満たすとさらに良い。

$$-2 < (R_{1PF} + R_{1PR}) / (R_{1PF} - R_{1PR}) < 0.2 \quad \dots (16')$$

さらに、次の条件式 (16') を満たすと最も良い。

$$-1.5 < (R_{1PF} + R_{1PR}) / (R_{1PF} - R_{1PR}) < -0.2 \quad \dots (16')$$

【0054】また、第2レンズ群に関しては、焦点距離が長いため、物体側から順に、負レンズと、正レンズの2枚の構成で十分である。さらには、接合すると偏心敏

感度を低減出来好ましい。そして、前記接合レンズ成分が、次の条件式 (17) を満たすとよい。

$$-1.6 < (R_{2F} + R_{2R}) / (R_{2F} - R_{2R}) < 0.3 \quad \dots (17)$$

ただし、 R_{2F} は第2レンズ群（接合レンズ成分）の最も物体側の面の光軸上での曲率半径、 R_{2R} は第2レンズ群（接合レンズ成分）の最も像側の面の光軸上での曲率半径である。

【0055】条件式 (17) の上限値を上回ると、入射瞳が深くなりやすい。一方、条件式 (17) の下限値を下回ると、各種の軸外収差が発生しやすい。なお、次の条件式 (17') を満たすとさらに良い。

$$-1.2 < (R_{2F} + R_{2R}) / (R_{2F} - R_{2R}) < 0.1 \quad \dots (17')$$

さらに、次の条件式 (17') を満たすと最も良い。

$$-0.8 < (R_{2F} + R_{2R}) / (R_{2F} - R_{2R}) < -0.1 \quad \dots (17')$$

【0056】なお、本発明に用いるズームレンズは、次

$$1.8 < f_T / f_W$$

ただし、 f_T は望遠端におけるズームレンズ全系の焦点距離、 f_W は広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離である。条件式 (18) の下限値を下回ると、ズームレンズ全系の変倍比が1.8よりも小さくなってしまふ。更には、 f_T / f_W が5.5を上回らないようにするのがより好ましい。5.5を上回ると変倍比が大きくなり、変倍時に移動するレンズ群の移動量が大きくなりすぎるために、光路を折り曲げた方向での大型化が起こり、コンパクトな撮像装置が達成できなくなる。

【0057】また、本発明に用いる電子撮像素子においては、広角端全画角が55度以上を有することが前提である。55度は電子撮像装置に通常求められる広角端全画角である。また、電子撮像装置における広角端画角は80度以下であるのが好ましい。上記広角端画角が80度を上回ると、歪曲収差が起こりやすく、また、第1レンズ群を小型に構成することが難しくなる。従って、電子撮像装置の薄型化が難しくなる。

【0058】最後に、赤外カットフィルターを薄くするための要件について説明する。電子撮像装置において

$$\tau_{600} / \tau_{550} \geq 0.8 \quad \dots (19)$$

$$\tau_{700} / \tau_{550} \leq 0.08 \quad \dots (20)$$

ただし、 τ_{600} は波長600nmでの透過率、 τ_{550} は波長550nmでの透過率、 τ_{700} は波長700

の条件式 (18) を満たすと良い。

$$\dots (18)$$

は、通常赤外光が撮像面に入射しないように、一定の厚みのある赤外吸収フィルターを撮像素子よりも物体側に挿入している。光学系を短くあるいは薄くするために、赤外吸収フィルターを厚みのないコーティングに置き換えることを考える。すると、当然その分薄くなるが、副次的効果がある。前記ズームレンズ系後方にある撮像素子よりも物体側に、波長600nmでの透過率が80%以上、波長700nmでの透過率が8%以下の近赤外シャープカットコートを導入すると、吸収タイプよりも波長700nm以上の近赤外領域の透過率が低く、かつ、相対的に赤側の透過率が高くなる。そして、補色モザイクフィルターを有するCCDなど固体撮像素子の欠点である青紫側のマゼンタ化傾向がゲイン調整により緩和され、原色フィルターを有するCCDなど固体撮像素子並みの色再現を得ることができる。また、原色・補色に限らず、植物や人肌の様に近赤外領域に強い反射率を有するものの色再現が改善される。

【0059】即ち、次の条件式 (19)、(20) を満たすのが望ましい。

nmでの透過率である。なお、次の条件式 (19')、(20') を満たすとさらに良い。

$$\tau_{600} / \tau_{550} \geq 0.85 \quad \dots (19')$$

$$\tau_{700} / \tau_{550} \leq 0.05 \quad \dots (20')$$

さらに、次の条件式 (19')、(20') を満たすと最も良い。

$$\tau_{600} / \tau_{550} \geq 0.9 \quad \dots (19')$$

$$\tau_{700} / \tau_{550} \leq 0.03 \quad \dots (20')$$

【0060】CCD等の固体撮像素子のもう1つの欠点は、近紫外域の波長550nmに対する感度が人間の眼のそれよりもかなり高いことである。これも近紫外域の色収差による画像のエッジ部の色にじみを目立たせている。特に光学系を小型化すると致命的である。従って、波長400nmでの透過率(τ_{400})の波長550nmでの透過率(τ_{550})に対する比が0.08を下回

$$\tau_{400} / \tau_{550} \leq 0.08 \quad \cdots (21)$$

$$\tau_{440} / \tau_{550} \geq 0.4 \quad \cdots (22)$$

なお、次の条件式(21')、(22')を満たすとさらに良い。 10

$$\tau_{400} / \tau_{550} \leq 0.06 \quad \cdots (21')$$

$$\tau_{440} / \tau_{550} \geq 0.5 \quad \cdots (22')$$

さらに、次の条件式(21'')、(22'')を満たすと最もよい。

$$\tau_{400} / \tau_{550} \leq 0.04 \quad \cdots (21'')$$

$$\tau_{440} / \tau_{550} \geq 0.6 \quad \cdots (22'')$$

なお、これらのフィルターの設置場所は結像光学系と撮像素子との間が良い。

【0062】一方、補色フィルターの場合、その透過光エネルギーの高さから原色フィルター付きCCDと比べて実質的感度が高く、かつ、解像的にも有利であるため、小型CCDを使用したときのメリットが大である。

【0063】なお、上記各条件式や各構成は適宜組み合わせることにより良好な電子撮像装置を構成できる。また、各条件式においては、その上限値のみ、もしくは下限値のみを、より好ましい条件式の対応する上限値、下限値で限定してもよい。また、後述の各実施例に記載の条件式の対応値を上限値または下限値としてもよい。

【0064】

【実施例】以下、本発明の実施例について図面を用いて説明する。

第1実施例

図1は本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第1実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図2は第1実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。図3～図5は第1実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、図3は広角端、図4は中間、図5は望遠端での状態を示している。

【0065】第1実施例の電子撮像装置は、図1に示すように、物体側から順に、ズームレンズと、電子撮像素子であるCCDを有している。図1中、1はCCDの撮像面である。ズームレンズと撮像面1との間には、平面平板状のCCDカバーガラスCGが設けられている。ズームレンズは、物体側から順に、第1レンズ群G1と、第1移動レンズ群である第2レンズ群G2と、開口絞りSと、第2移動レンズ群である第3レンズ群G3と、第

り、波長440nmでの透過率(τ_{440})の波長550nmでの透過率(τ_{550})に対する比が0.4を上回るような吸収体あるいは反射体を光路上に挿入すれば、色再現上必要な波長域を失わず(良好な色再現を保ったまま)色にじみなどのノイズがかなり軽減される。

【0061】即ち、次の条件式(21)、(22)を満たすのが望ましい。

$$\tau_{400} / \tau_{550} \leq 0.08 \quad \cdots (21)$$

$$\tau_{440} / \tau_{550} \geq 0.4 \quad \cdots (22)$$

$$\tau_{400} / \tau_{550} \leq 0.06 \quad \cdots (21')$$

$$\tau_{440} / \tau_{550} \geq 0.5 \quad \cdots (22')$$

$$\tau_{400} / \tau_{550} \leq 0.04 \quad \cdots (21'')$$

$$\tau_{440} / \tau_{550} \geq 0.6 \quad \cdots (22'')$$

4レンズ群G4とを有している。第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1₁と、光路を折り曲げるための反射面を持つ反射光学素子R1と、両凸正レンズL1₂とで構成されている。反射光学素子R1は、光路を90°折り曲げる表面鏡として構成されている。また、表面鏡の反射面は形状可変に構成されており、反射面の形状を変化させることにより合焦動作を行うようになっている。なお、本発明の各実施例における有効撮像領域の縦横比は3:4であり、折り曲げ方向は横方向である。第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凹負レンズL2₁と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2₂との接合レンズで構成されており、全体で負の屈折力を有している。第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸正レンズL3₁と両凹負レンズL3₂との接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3₃とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。第4レンズ群G4は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL4₁で構成されている。

【0066】広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1及び第4レンズ群G4は位置が固定され、第2レンズ群G2は像側に凸状の軌跡で往復移動(即ち、像側へ移動して第1レンズ群G1との間隔を一旦広げた後、物体側へ移動しながら第1レンズ群G1との間隔を縮める)し、第3レンズ群G3は開口絞りSとともに物体側へのみ移動するようになっている。また、第1レンズ群G1と第4レンズ群G4は、合焦動作時にも位置が固定されている。非球面は、第1レンズ群G1中の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1₁の像側の面、第3レンズ群G3中の物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3₃の両面、第4レンズ群G4を構成する物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL4₁の像側の面に設けられている。

【0067】次に、第1実施例のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。なお、第1実施例の数

20

30

40

50

値データにおいて、 r_1, r_2, \dots は各レンズ面の曲率半径、 d_1, d_2, \dots は各レンズの肉厚または空気間隔、 n_{d1}, n_{d2}, \dots は各レンズのd線での屈折率、 $\nu_{d1}, \nu_{d2}, \dots$ は各レンズのアッベ数、Fno. はFナンバー、 f は全系焦点距離、D0は物体から第1面までの距離を表している。なお、非球面形状は、光軸方向を z 、光軸に直交する方向を y にとり、円錐係数を K 、非球面係数を A_4, A_6, A_8, A_{10} としたとき、次の式で表される。

数値データ 1

$r_1 = 61.5439$		
$d_1 = 0.7000$	$n_{d1} = 1.80610$	$\nu_{d1} = 40.92$
$r_2 = 6.2081$ (非球面)		
$d_2 = 1.7000$		
$r_3 = \infty$		
$d_3 = 6.8000$		
$r_4 = \infty$		
$d_4 = 0.1500$		
$r_5 = 12.7178$		
$d_5 = 1.5500$	$n_{d5} = 1.72916$	$\nu_{d5} = 54.68$
$r_6 = -72.0943$		
$d_6 = D6$		
$r_7 = -9.2239$		
$d_7 = 0.7000$	$n_{d7} = 1.69680$	$\nu_{d7} = 55.53$
$r_8 = 6.5000$		
$d_8 = 1.3500$	$n_{d8} = 1.84666$	$\nu_{d8} = 23.78$
$r_9 = 18.7314$		
$d_9 = D9$		
$r_{10} = \infty$ (絞り)		
$d_{10} = 0$		
$r_{11} = 4.7900$		
$d_{11} = 3.0000$	$n_{d11} = 1.74320$	$\nu_{d11} = 49.34$
$r_{12} = -8.0000$		
$d_{12} = 0.7000$	$n_{d12} = 1.84666$	$\nu_{d12} = 23.78$
$r_{13} = 11.8703$		
$d_{13} = 0.3000$		
$r_{14} = 8.3986$ (非球面)		
$d_{14} = 1.0000$	$n_{d14} = 1.69350$	$\nu_{d14} = 53.21$
$r_{15} = 19.5740$ (非球面)		
$d_{15} = D15$		
$r_{16} = \infty$ (透過率可変手段又はシャッター配置位置)		
$d_{16} = 4.4000$		
$r_{17} = -6.4029$		
$d_{17} = 1.0000$	$n_{d17} = 1.58313$	$\nu_{d17} = 59.38$
$r_{18} = -5.3597$ (非球面)		
$d_{18} = 0.7000$		
$r_{19} = \infty$		
$d_{19} = 0.6000$	$n_{d19} = 1.51633$	$\nu_{d19} = 64.14$
$r_{20} = \infty$		
$d_{20} = D20$		

$$z = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + K)(y / r)^2\}^{1/2}] + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10}$$

なお、これらの記号は後述の実施例の数値データにおいても共通である。また、数値データにおける第3, 4面は仮想面である。光路を折り曲げるための反射面を持つ反射光学素子として、屈折率1のプリズムを想定し、その入射面、射出面を想定して設計したものであり、実際は空気間隔になる。

【0068】

$$r_{2,1} = \infty \text{ (撮像面)}$$

$$d_{2,1} = 0$$

【 0 0 6 9 】

非球面係数

第 2 面

$$K = 0$$

$$A_2 = 0$$

$$A_4 = -6.3011 \times 10^{-4} \quad A_6 = 6.3666 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -6.2546 \times 10^{-7} \quad A_{10} = 0$$

第 1 4 面

$$K = 0$$

$$A_2 = 0$$

$$A_4 = 2.9509 \times 10^{-4} \quad A_6 = 5.8599 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 3.9534 \times 10^{-6} \quad A_{10} = 0$$

第 1 5 面

$$K = 0$$

$$A_2 = 0$$

$$A_4 = 4.1434 \times 10^{-3} \quad A_6 = 1.3121 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 4.6939 \times 10^{-5} \quad A_{10} = 0$$

第 1 8 面

$$K = 0$$

$$A_2 = 0$$

$$A_4 = 1.8250 \times 10^{-3} \quad A_6 = 1.0823 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -2.0337 \times 10^{-5} \quad A_{10} = 0$$

【 0 0 7 0 】 ズームデータ

D 0 (物体から第 1 面までの距離) が ∞ のとき

	広角端	中間	望遠端
f (mm)	3.24880	5.63959	9.74406
F n o.	2.7241	3.4516	4.8572
D 0	∞	∞	∞
D 6	0.89800	3.28004	0.90004
D 9	9.70505	4.27059	0.89565
D 1 5	1.70893	4.75924	10.51630
D 2 0	1.00000	1.00000	1.00000

【 0 0 7 1 】 第 2 実施例

図 6 は本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第 2 実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図 7 は第 2 実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a) は広角端、(b) は中間、(c) は望遠端での状態を示している。

【 0 0 7 2 】 第 2 実施例の電子撮像装置は、図 6 に示すように、物体側から順に、ズームレンズと、電子撮像素子である CCD を有している。図 6 中、1 は CCD の撮像面である。ズームレンズと撮像面 1 との間には、平面平板状の CCD カバーガラス CG が設けられている。ズームレンズは、物体側から順に、第 1 レンズ群 G 1 と、第 1 移動レンズ群である第 2 レンズ群 G 2 と、開口絞り S と、第 2 移動レンズ群である第 3 レンズ群 G 3 と、第 4 レンズ群 G 4 とを有している。第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 と、光路を折り曲げるための反射面を持つ反射光学素子 R 1 と、両凸正レンズ L 1 とで構成されている。反射光学素子 R 1 は、光路を 90° 折り曲げる表

30 面鏡として構成されている。また、表面鏡の反射面は形状可変に構成されており、反射面の形状を変化させることにより合焦動作を行うようになっている。なお、本発明の各実施例における有効撮像領域の縦横比は 3 : 4 であり、折り曲げ方向は横方向である。第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、両凹負レンズ L 2 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 との接合レンズで構成されており、全体で負の屈折力を有している。第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、両凸正レンズ L 3 と両凹負レンズ L 3 との接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。第 4 レンズ群 G 4 は、物体側から順に、両凹負レンズ L 4 と両凸正レンズ L 4 との接合レンズで構成されている。

【 0 0 7 3 】 広角端から望遠端へと変倍する際には、第 1 レンズ群 G 1 及び第 4 レンズ群 G 4 は位置が固定され、第 2 レンズ群 G 2 は像側に凸状の軌跡で往復移動 (即ち、像側へ移動して第 1 レンズ群 G 1 との間隔を一旦広げた後、物体側へ移動しながら第 1 レンズ群 G 1 との間隔を縮める) し、第 3 レンズ群 G 3 は開口絞り S とともに物体側へのみ移動するようになっている。また、

第1レンズ群G1と第4レンズ群G4は、合焦動作時にも位置が固定されている。非球面は、第1レンズ群G1中の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1の像側の面、第3レンズ群G3中の物体側に凸面を向けた

数値データ2

$r_1 = 74.4969$		
$d_1 = 0.7000$	$n_{d1} = 1.80610$	$\nu_{d1} = 40.92$
$r_2 = 6.3385$ (非球面)		
$d_2 = 1.7000$		
$r_3 = \infty$		
$d_3 = 6.8000$		
$r_4 = \infty$		
$d_4 = 0.1500$		
$r_5 = 12.2080$		
$d_5 = 1.5500$	$n_{d5} = 1.72916$	$\nu_{d5} = 54.68$
$r_6 = -169.5645$		
$d_6 = D6$		
$r_7 = -9.7882$		
$d_7 = 0.7000$	$n_{d7} = 1.72916$	$\nu_{d7} = 54.68$
$r_8 = 8.0000$		
$d_8 = 1.3500$	$n_{d8} = 1.84666$	$\nu_{d8} = 23.78$
$r_9 = 27.1517$		
$d_9 = D9$		
$r_{10} = \infty$ (絞り)		
$d_{10} = 0$		
$r_{11} = 4.9532$		
$d_{11} = 3.0000$	$n_{d11} = 1.72916$	$\nu_{d11} = 54.68$
$r_{12} = -9.0000$		
$d_{12} = 0.7000$	$n_{d12} = 1.84666$	$\nu_{d12} = 23.78$
$r_{13} = 24.5762$		
$d_{13} = 0.3000$		
$r_{14} = 10.0773$ (非球面)		
$d_{14} = 1.0000$	$n_{d14} = 1.69350$	$\nu_{d14} = 53.21$
$r_{15} = 12.2161$ (非球面)		
$d_{15} = D15$		
$r_{16} = \infty$ (透過率可変手段又はシャッター配置位置)		
$d_{16} = 4.0000$		
$r_{17} = -44.4371$		
$d_{17} = 0.7000$	$n_{d17} = 1.80518$	$\nu_{d17} = 25.42$
$r_{18} = 20.0000$		
$d_{18} = 1.2000$	$n_{d18} = 1.58313$	$\nu_{d18} = 59.38$
$r_{19} = -10.5475$ (非球面)		
$d_{19} = 0.7000$		
$r_{20} = \infty$		
$d_{20} = 0.6000$	$n_{d20} = 1.51633$	$\nu_{d20} = 64.14$
$r_{21} = \infty$		
$d_{21} = D21$		
$r_{22} = \infty$ (撮像面)		
$d_{22} = 0$		

正メニスカスレンズL3の両面、第4レンズ群G4中の両凸正レンズL4の像側の面に設けられている。

【0074】次に、第2実施例のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。

非球面係数

第 2 面

K=0

 $A_2 = 0$ $A_4 = -6.0504 \times 10^{-4}$ $A_6 = 4.3029 \times 10^{-6}$ $A_8 = -5.2183 \times 10^{-7}$ $A_{10} = 0$

第 14 面

K=0

 $A_2 = 0$ $A_4 = 6.6247 \times 10^{-4}$ $A_6 = -2.9526 \times 10^{-5}$ $A_8 = 3.3686 \times 10^{-6}$ $A_{10} = 0$

第 15 面

K=0

 $A_2 = 0$ $A_4 = 4.3514 \times 10^{-3}$ $A_6 = 2.7664 \times 10^{-5}$ $A_8 = 4.2826 \times 10^{-5}$ $A_{10} = 0$

第 19 面

K=0

 $A_2 = 0$ $A_4 = 9.6272 \times 10^{-4}$ $A_6 = 2.3883 \times 10^{-4}$ $A_8 = -3.0856 \times 10^{-5}$ $A_{10} = 0$

【0076】ズームデータ

D0 (物体から第1面までの距離) が ∞ のとき

	広角端	中間	望遠端
f (mm)	3.25205	5.63896	9.74755
Fno.	2.7329	3.4864	4.8975
D0	∞	∞	∞
D6	0.89877	3.34248	0.90062
D9	9.99049	4.32715	0.89789
D15	1.78776	5.00483	10.87853
D21	1.00000	1.00000	1.00000

【0077】第3実施例

図8は本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第3実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図9は第3実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。図10～図12は第3実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、図10は広角端、図11は中間、図12は望遠端での状態を示している。

【0078】第3実施例の電子撮像装置は、図8に示すように、物体側から順に、ズームレンズと、電子撮像素子であるCCDを有している。図8中、1はCCDの撮像面である。ズームレンズと撮像面1との間には、平面平板状のCCDカバーガラスCGが設けられている。ズームレンズは、物体側から順に、第1レンズ群G1と、第1移動レンズ群である第2レンズ群G2と、開口絞りSと、第2移動レンズ群である第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4とを有している。第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、光路を折り曲げるための反射面を持つ反

射光学素子R1と、両凸正レンズL1とで構成されている。反射光学素子R1は、光路を90°折り曲げる表面鏡として構成されている。また、表面鏡の反射面は形状可変に構成されており、反射面の形状を変化させることにより合焦動作を行うようになっている。なお、本発明の各実施例における有効撮像領域の縦横比は3:4であり、折り曲げ方向は横方向である。第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凹負レンズL2と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2との接合レンズで構成されており、全体で負の屈折力を有している。第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸正レンズL3と両凹負レンズL3と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3との接合レンズで構成されており、全体で正の屈折力を有している。第4レンズ群G4は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4と両凸正レンズL4との接合レンズで構成されている。

【0079】広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1及び第4レンズ群G4は位置が固定され、第2レンズ群G2は像側に凸状の軌跡で往復移動(即ち、像側へ移動して第1レンズ群G1との間隔を一旦広げた後、物体側へ移動しながら第1レンズ群G1との間隔を縮める)し、第3レンズ群G3は開口絞りSとともに物体側へのみ移動するようになっている。また、第1レンズ群G1と第4レンズ群G4は、合焦動作時にも位置が固定されている。非球面は、第1レンズ群G1中の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1の像側の面、第3レンズ群G3中の両凸正レンズL3の物体側の面、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3の像側の面、第4レンズ群G4中の両凸正レンズL4の像側の面に設けられている。

【0080】次に、第3実施例のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ 3

$r_1 = 59.7815$			
$d_1 = 0.7000$	$n_{d1} = 1.80610$	$\nu_{d1} = 40.92$	
$r_2 = 6.0756$ (非球面)			
$d_2 = 1.7000$			
$r_3 = \infty$			
$d_3 = 6.8000$			
$r_4 = \infty$			
$d_4 = 0.1500$			
$r_5 = 11.7992$			
$d_5 = 1.5500$	$n_{d5} = 1.72916$	$\nu_{d5} = 54.68$	
$r_6 = -179.5914$			
$d_6 = D6$			
$r_7 = -11.1399$			
$d_7 = 0.7000$	$n_{d7} = 1.72916$	$\nu_{d7} = 54.68$	
$r_8 = 8.0000$			
$d_8 = 1.3500$	$n_{d8} = 1.84666$	$\nu_{d8} = 23.78$	
$r_9 = 22.5506$			
$d_9 = D9$			
$r_{10} = \infty$ (絞り)			
$d_{10} = 0$			
$r_{11} = 4.4541$ (非球面)			
$d_{11} = 2.6000$	$n_{d11} = 1.74320$	$\nu_{d11} = 49.34$	
$r_{12} = -36.5357$			
$d_{12} = 0.7000$	$n_{d12} = 1.84666$	$\nu_{d12} = 23.78$	
$r_{13} = 5.8033$			
$d_{13} = 1.0000$	$n_{d13} = 1.69350$	$\nu_{d13} = 53.21$	
$r_{14} = 20.1908$ (非球面)			
$d_{14} = D14$			
$r_{15} = \infty$ (透過率可変手段又はシャッター配置位置)			
$d_{15} = 3.9000$			
$r_{16} = 114.5613$			
$d_{16} = 0.7000$	$n_{d16} = 1.84666$	$\nu_{d16} = 23.78$	
$r_{17} = 15.0000$			
$d_{17} = 1.4000$	$n_{d17} = 1.58313$	$\nu_{d17} = 59.38$	
$r_{18} = -13.0230$ (非球面)			
$d_{18} = 0.7000$			
$r_{19} = \infty$			
$d_{19} = 0.6000$	$n_{d19} = 1.51633$	$\nu_{d19} = 64.14$	
$r_{20} = \infty$			
$d_{20} = D20$			
$r_{21} = \infty$ (撮像面)			
$d_{21} = 0$			

【0081】

非球面係数

第2面

K=0

 $A_2 = 0$ $A_4 = -5.8861 \times 10^{-4}$ $A_6 = 2.2837 \times 10^{-6}$ $A_8 = -5.4903 \times 10^{-7}$ $A_{10} = 0$

第11面

K=0

 $A_2 = 0$ $A_4 = 7.8543 \times 10^{-5}$ $A_6 = 1.1512 \times 10^{-5}$ $A_8 = 1.2754 \times 10^{-6}$ $A_{10} = 0$

第 14 面

K=0

 $A_2 = 0$ $A_4 = 4.7308 \times 10^{-3}$ $A_6 = 1.0524 \times 10^{-4}$ $A_8 = 7.9868 \times 10^{-5}$ $A_{10} = 0$

第 18 面

K=0

 $A_2 = 0$ $A_4 = 5.4330 \times 10^{-4}$ $A_6 = 3.5735 \times 10^{-4}$ $A_8 = -4.3307 \times 10^{-5}$ $A_{10} = 0$

【0082】ズームデータ

D0 (物体から第1面までの距離) が∞のとき

	広角端	中間	望遠端
f (mm)	3.25322	5.63788	9.74711
Fno.	2.6846	3.4315	4.8540
D0	∞	∞	∞
D6	0.89897	3.36572	0.90042
D9	10.05921	4.38120	0.89765
D14	1.97939	5.18949	11.14311
D20	1.00000	1.00000	1.00000

【0083】第4実施例

図13は本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第4実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図14は第4実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。図15～図17は第4実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、図15は広角端、図16は中間、図17は望遠端での状態を示している。

【0084】第4実施例の電子撮像装置は、図13に示すように、物体側から順に、ズームレンズと、電子撮像素子であるCCDを有している。図13中、1はCCDの撮像面である。ズームレンズと撮像面1との間には、平面平板状のCCDカバーガラスCGが設けられている。ズームレンズは、物体側から順に、第1レンズ群G1と、第1移動レンズ群である第2レンズ群G2と、開口絞りSと、第2移動レンズ群である第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4とを有している。第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1₁と、光路を折り曲げるための反射面を持つ反射光学素子R1と、両凸正レンズL1₂とで構成されている。反射光学素子R1は、光路を90°折り曲げる表面鏡として構成されている。また、表面鏡の反射面は形状可変に構成されており、反射面の形状を変化させることにより合焦動作を行うようになっている。な

数値データ4

 $r_1 = 52.2760$

お、本発明の各実施例における有効撮像領域の縦横比は3:4であり、折り曲げ方向は横方向である。第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凹負レンズL2₁と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2₂との接合レンズで構成されており、全体で負の屈折力を有している。第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸正レンズL3₁と、両凸正レンズL3₂'と両凹負レンズL3₃'との接合レンズとで構成されており、全体で正の屈折力を有している。第4レンズ群G4は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL4₁''で構成されている。

【0085】広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1及び第4レンズ群G4は位置が固定され、第2レンズ群G2は像側に凸状の軌跡で往復移動（即ち、像側へ移動して第1レンズ群G1との間隔を一旦広げた後、物体側へ移動しながら第1レンズ群G1との間隔を縮める）し、第3レンズ群G3は開口絞りSとともに物体側へのみ移動するようになっている。また、第1レンズ群G1と第4レンズ群G4は、合焦動作時にも位置が固定されている。非球面は、第1レンズ群G1中の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1₁の像側の面、第3レンズ群G3中の両凸正レンズL3₁の物体側の面、第4レンズ群G4を構成する物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL4₁''の物体側の面に設けられている。

【0086】次に、第4実施例のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。

31

32

$d_1 = 0.7000$	$n_{d1} = 1.80610$	$\nu_{d1} = 40.92$
$r_2 = 5.7580$ (非球面)		
$d_2 = 1.7000$		
$r_3 = \infty$		
$d_3 = 6.8000$		
$r_4 = \infty$		
$d_4 = 0.1500$		
$r_5 = 16.0001$		
$d_5 = 1.5500$	$n_{d5} = 1.72916$	$\nu_{d5} = 54.68$
$r_6 = -30.1872$		
$d_6 = D6$		
$r_7 = -14.5275$		
$d_7 = 0.7000$	$n_{d7} = 1.72916$	$\nu_{d7} = 54.68$
$r_8 = 8.5000$		
$d_8 = 1.3500$	$n_{d8} = 1.84666$	$\nu_{d8} = 23.78$
$r_9 = 22.8461$		
$d_9 = D9$		
$r_{10} = \infty$ (絞り)		
$d_{10} = 0$		
$r_{11} = 6.7921$ (非球面)		
$d_{11} = 2.0000$	$n_{d11} = 1.74320$	$\nu_{d11} = 49.34$
$r_{12} = -17.1573$		
$d_{12} = 0.1500$		
$r_{13} = 6.6023$		
$d_{13} = 2.0000$	$n_{d13} = 1.69680$	$\nu_{d13} = 55.53$
$r_{14} = -12.0000$		
$d_{14} = 0.7000$	$n_{d14} = 1.80518$	$\nu_{d14} = 25.42$
$r_{15} = 3.4303$		
$d_{15} = 2.5000$		
$r_{16} = \infty$ (透過率可変手段又はシャッター配置位置)		
$d_{16} = D16$		
$r_{17} = 5.2486$ (非球面)		
$d_{17} = 1.3000$	$n_{d17} = 1.58313$	$\nu_{d17} = 59.38$
$r_{18} = 14.6752$		
$d_{18} = 0.7000$		
$r_{19} = \infty$		
$d_{19} = 0.6000$	$n_{d19} = 1.51633$	$\nu_{d19} = 64.14$
$r_{20} = \infty$		
$d_{20} = D20$		
$r_{21} = \infty$ (撮像面)		
$d_{21} = 0$		

【 0 0 8 7 】

非球面係数

第 2 面

K = 0

 $A_2 = 0$ $A_4 = -7.5842 \times 10^{-4}$ $A_6 = 1.7230 \times 10^{-5}$ $A_8 = -1.0788 \times 10^{-6}$ $A_{10} = 0$

第 1 1 面

K = 0

 $A_2 = 0$ $A_4 = -6.3767 \times 10^{-4}$ $A_6 = -3.2039 \times 10^{-5}$

33

$$A_1 = -1.8591 \times 10^{-7} \quad A_{10} = 0$$

第 17 面

$$K = 0$$

$$A_2 = 0$$

$$A_4 = -9.5208 \times 10^{-4} \quad A_5 = 1.7318 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.2845 \times 10^{-5} \quad A_{10} = 0$$

【0088】ズームデータ

D0 (物体から第1面までの距離) が ∞ のとき

	広角端	中間	望遠端
f (mm)	3.24494	5.63626	9.75588
Fno.	2.5243	3.3051	4.8453
D0	∞	∞	∞
D6	0.89968	3.58051	0.90275
D9	10.64759	4.65512	0.90377
D16	2.44627	5.75714	12.18681
D20	1.00000	1.00000	1.00000

【0089】第5実施例

図18は本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第5実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図19は第5実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【0090】第5実施例の電子撮像装置は、図18に示すように、物体側から順に、ズームレンズと、電子撮像素子であるCCDを有している。図18中、1はCCDの撮像面である。ズームレンズと撮像面1との間には、平面平板状のCCDカバーガラスCGが設けられている。ズームレンズは、物体側から順に、第1レンズ群G1と、第1移動レンズ群である第2レンズ群G2と、開口絞りSと、第2移動レンズ群である第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4とを有している。第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1₁と、光路を折り曲げるための反射面を持つ反射光学素子R1と、両凸正レンズL1₂とで構成されている。反射光学素子R1は、光路を90°折り曲げる表面鏡として構成されている。また、表面鏡の反射面は形状可変に構成されており、反射面の形状を変化させることにより合焦動作を行うようになっている。なお、本発明の各実施例における有効撮像領域の縦横比は3:4であり、折り曲げ方向は横方向である。第2レン

ズ群G2は、物体側から順に、両凹負レンズL2₁と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2₂との接合レンズで構成されており、全体で負の屈折力を有している。第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸正レンズL3₁と、両凸正レンズL3₂'と両凹負レンズL3₃'との接合レンズとで構成されており、全体で正の屈折力を有している。第4レンズ群G4は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL4₁で構成されている。

【0091】広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1及び第4レンズ群G4は位置が固定され、第2レンズ群G2は像側に凸状の軌跡で往復移動(即ち、像側へ移動して第1レンズ群G1との間隔を一旦広げた後、物体側へ移動しながら第1レンズ群G1との間隔を縮める)し、第3レンズ群G3は開口絞りSとともに物体側へのみ移動するようになっている。また、第1レンズ群G1と第4レンズ群G4は、合焦動作時にも位置が固定されている。非球面は、第1レンズ群G1中の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1₁の像側の面、第3レンズ群G3中の両凸正レンズL3₁の物体側の面、第4レンズ群G4を構成する物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL4₁の像側の面に設けられている。

【0092】次に、第5実施例のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ5

$$r_1 = 102.2644$$

$$d_1 = 0.7000$$

$$n_{d1} = 1.80610$$

$$\nu_{d1} = 40.92$$

$$r_2 = 6.4583 \text{ (非球面)}$$

$$d_2 = 1.7000$$

$$r_3 = \infty$$

$$d_3 = 6.8000$$

$$r_4 = \infty$$

$$d_4 = 0.1500$$

$$r_5 = 11.8116$$

20

30

40

35

36

$d_5 = 1.6000$	$n_{d5} = 1.72916$	$\nu_{d5} = 54.68$
$r_6 = -211.6601$		
$d_6 = D 6$		
$r_7 = -9.9617$		
$d_7 = 0.7000$	$n_{d7} = 1.72916$	$\nu_{d7} = 54.68$
$r_8 = 9.5000$		
$d_8 = 1.3000$	$n_{d8} = 1.84666$	$\nu_{d8} = 23.78$
$r_9 = 41.0310$		
$d_9 = D 9$		
$r_{10} = \infty$ (絞り)		
$d_{10} = 0$		
$r_{11} = 7.0537$ (非球面)		
$d_{11} = 1.7000$	$n_{d11} = 1.74320$	$\nu_{d11} = 49.34$
$r_{12} = -15.1973$		
$d_{12} = 0.1500$		
$r_{13} = 4.7737$		
$d_{13} = 2.1000$	$n_{d13} = 1.74320$	$\nu_{d13} = 49.34$
$r_{14} = -17.0000$		
$d_{14} = 0.7000$	$n_{d14} = 1.84666$	$\nu_{d14} = 23.78$
$r_{15} = 2.5724$		
$d_{15} = 1.7000$		
$r_{16} = \infty$ (透過率可変手段又はシャッター配置位置)		
$d_{16} = D 16$		
$r_{17} = -34.4280$		
$d_{17} = 1.7000$	$n_{d17} = 1.57099$	$\nu_{d17} = 50.80$
$r_{18} = -5.8134$ (非球面)		
$d_{18} = 0.7000$		
$r_{19} = \infty$		
$d_{19} = 0.6000$	$n_{d19} = 1.51633$	$\nu_{d19} = 64.14$
$r_{20} = \infty$		
$d_{20} = D 20$		
$r_{21} = \infty$ (撮像面)		
$d_{21} = 0$		

【 0 0 9 3 】

非球面係数

第 2 面

K = 0

$$\begin{aligned} A_2 &= 0 & A_4 &= -5.0036 \times 10^{-4} & A_6 &= 3.1904 \times 10^{-6} \\ A_8 &= -4.2907 \times 10^{-7} & A_{10} &= 0 \end{aligned}$$

第 1 1 面

K = 0

$$\begin{aligned} A_2 &= 0 & A_4 &= -6.6405 \times 10^{-4} & A_6 &= -7.9814 \times 10^{-7} \\ A_8 &= -1.7621 \times 10^{-7} & A_{10} &= 0 \end{aligned}$$

第 1 8 面

K = 0

$$\begin{aligned} A_2 &= 0 & A_4 &= 2.0836 \times 10^{-3} & A_6 &= 8.7260 \times 10^{-5} \\ A_8 &= -1.9733 \times 10^{-5} & A_{10} &= 0 \end{aligned}$$

【 0 0 9 4 】 ズームデータ

D 0 (物体から第 1 面までの距離) が ∞ のとき

	広角端	中間	望遠端
f (mm)	3.25606	5.63818	9.75165

F n o .	2. 7198	3. 6329	5. 3468
D 0	∞	∞	∞
D 6	0. 90008	3. 07797	0. 90116
D 9	8. 98407	3. 96139	0. 90291
D 1 6	1. 81805	4. 66415	9. 89808
D 2 0	1. 00000	1. 00000	1. 00000

【0095】第6実施例

図20は本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第6実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図21は第6実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【0096】第6実施例の電子撮像装置は、図20に示すように、物体側から順に、ズームレンズと、電子撮像素子であるCCDを有している。図20中、1はCCDの撮像面である。ズームレンズと撮像面1との間には、平面平板状のCCDカバーガラスCGが設けられている。ズームレンズは、物体側から順に、第1レンズ群G1と、第1移動レンズ群である第2レンズ群G2と、開口絞りSと、第2移動レンズ群である第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4とを有している。第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1₁と、光路を折り曲げるための反射面を持つ反射光学素子R1と、両凸正レンズL1₂とで構成されている。反射光学素子R1は、光路を90°折り曲げる表面鏡として構成されている。また、表面鏡の反射面は形状可変に構成されており、反射面の形状を変化させることにより合焦動作を行うようになっている。なお、本発明の各実施例における有効撮像領域の縦横比は

3:4であり、折り曲げ方向は横方向である。第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凹負レンズL2₁と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2₂との接合レンズで構成されており、全体で負の屈折力を有している。第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸正レンズL3₁と、両凸正レンズL3₂'と両凹負レンズL3₃'との接合レンズとで構成されており、全体で正の屈折力を有している。第4レンズ群G4は、両凸正レンズL4₁、" "で構成されている。

【0097】広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1及び第4レンズ群G4は位置が固定され、第2レンズ群G2は像側に凸状の軌跡で往復移動（即ち、像側へ移動して第1レンズ群G1との間隔を一旦広げた後、物体側へ移動しながら第1レンズ群G1との間隔を縮める）し、第3レンズ群G3は開口絞りSとともに物体側へのみ移動するようになっている。また、第1レンズ群G1と第4レンズ群G4は、合焦動作時にも位置が固定されている。非球面は、第1レンズ群G1中の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1₁の物体側の面、第3レンズ群G3中の両凸正レンズL3₁の両面、第4レンズ群G4を構成する両凸正レンズL4₁、" "の像側の面に設けられている。

【0098】次に、第6実施例のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ6

$r_1 = 287.7208$			
$d_1 = 0.9000$	$n_{d1} = 1.80610$	$\nu_{d1} = 40.92$	
$r_2 = 8.5536$ (非球面)			
$d_2 = 2.1000$			
$r_3 = \infty$			
$d_3 = 8.4000$			
$r_4 = \infty$			
$d_4 = 0.1500$			
$r_5 = 16.2840$			
$d_5 = 1.7000$	$n_{d5} = 1.73400$	$\nu_{d5} = 51.47$	
$r_6 = -87.4861$			
$d_6 = D6$			
$r_7 = -12.9420$			
$d_7 = 0.7000$	$n_{d7} = 1.72916$	$\nu_{d7} = 54.68$	
$r_8 = 11.5000$			
$d_8 = 1.3500$	$n_{d8} = 1.84666$	$\nu_{d8} = 23.78$	
$r_9 = 47.4193$			
$d_9 = D9$			

39

40

$r_{10} = \infty$ (絞り)
 $d_{10} = 0$
 $r_{11} = 8.0948$ (非球面)
 $d_{11} = 1.9000$ $n_{d11} = 1.74320$ $\nu_{d11} = 49.34$
 $r_{12} = -18.2182$ (非球面)
 $d_{12} = 0.1500$
 $r_{13} = 6.1759$
 $d_{13} = 2.5000$ $n_{d13} = 1.74320$ $\nu_{d13} = 49.34$
 $r_{14} = -20.0000$
 $d_{14} = 0.7000$ $n_{d14} = 1.84666$ $\nu_{d14} = 23.78$
 $r_{15} = 3.1875$
 $d_{15} = D15$
 $r_{16} = \infty$ (透過率可変手段又はシャッター配置位置)
 $d_{16} = 3.6250$
 $r_{17} = 15.0796$
 $d_{17} = 1.8000$ $n_{d17} = 1.57099$ $\nu_{d17} = 50.80$
 $r_{18} = -14.9993$ (非球面)
 $d_{18} = 0.8750$
 $r_{19} = \infty$
 $d_{19} = 0.7500$ $n_{d19} = 1.51633$ $\nu_{d19} = 64.14$
 $r_{20} = \infty$
 $d_{20} = D20$
 $r_{21} = \infty$ (撮像面)
 $d_{21} = 0$

【0099】

非球面係数

第2面

K=0

$A_2 = 0$ $A_4 = -2.9216 \times 10^{-4}$ $A_6 = 2.7058 \times 10^{-5}$
 $A_8 = -1.0174 \times 10^{-7}$ $A_{10} = 0$

第11面

K=0

$A_2 = 0$ $A_4 = -5.4278 \times 10^{-4}$ $A_6 = -4.6715 \times 10^{-5}$
 $A_8 = -4.4895 \times 10^{-7}$ $A_{10} = 0$

第12面

K=0

$A_2 = 0$ $A_4 = -1.6294 \times 10^{-4}$ $A_6 = -5.7124 \times 10^{-5}$
 $A_8 = 7.4143 \times 10^{-7}$ $A_{10} = 0$

第18面

K=0

$A_2 = 0$ $A_4 = 5.3686 \times 10^{-4}$ $A_6 = 7.2927 \times 10^{-5}$
 $A_8 = -2.1769 \times 10^{-5}$ $A_{10} = 0$

【0100】ズームデータ

D0 (物体から第1面までの距離) が ∞ のとき

	広角端	中間	望遠端
f (mm)	4.00038	6.92729	12.00247
Fno.	2.5763	3.4177	5.0414
D0	∞	∞	∞
D6	0.89975	3.74456	0.90123
D9	11.36100	4.89989	0.90214
D15	1.36578	4.98133	11.82310

D 2 0

1. 00000

1. 00000

1. 00000

【0101】第7実施例

図22は本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第7実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図23は第7実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【0102】第7実施例の電子撮像装置は、図22に示すように、物体側から順に、ズームレンズと、電子撮像素子であるCCDを有している。図22中、1はCCDの撮像面である。ズームレンズと撮像面1との間には、平面平板状のCCDカバーガラスCGが設けられている。ズームレンズは、物体側から順に、第1レンズ群G1と、第1移動レンズ群である第2レンズ群G2と、開口絞りSと、第2移動レンズ群である第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4とを有している。第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL₁と、光路を折り曲げるための反射面を持つ反射光学素子R1と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL₂とで構成されている。反射光学素子R1は、光路を90°折り曲げる表面鏡として構成されている。また、表面鏡の反射面は形状可変に構成されており、反射面の形状を変化させることにより合焦動作を行うようになっている。なお、本発明の各実施例における有効撮像領域の縦横比は3:4であり、折り曲げ方

向は横方向である。第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凹負レンズL₂と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL₂との接合レンズで構成されており、全体で負の屈折力を有している。第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸正レンズL₃と、両凸正レンズL₃'と両凹負レンズL₃'との接合レンズとで構成されており、全体で正の屈折力を有している。第4レンズ群G4は、物体面側に凹面を向けた正メニスカスレンズL₄で構成されている。

【0103】広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1及び第4レンズ群G4は位置が固定され、第2レンズ群G2は像側に凸状の軌跡で往復移動（即ち、像側へ移動して第1レンズ群G1との間隔を一旦広げた後、物体側へ移動しながら第1レンズ群G1との間隔を縮める）し、第3レンズ群G3は開口絞りSとともに物体側へのみ移動するようになっている。また、第1レンズ群G1と第4レンズ群G4は、合焦動作時にも位置が固定されている。非球面は、第1レンズ群G1中の物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL₁の像側の面、第3レンズ群G3中の両凹負レンズL₃'の両面、第4レンズ群G4を構成する物体面側に凹面を向けた正メニスカスレンズL₄の像側の面に設けられている。

【0104】次に、第7実施例のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ7

r₁=179.9734d₁=0.9000n_{d1}=1.80610ν_{d1}=40.92r₂=8.7645 (非球面)d₂=1.8000r₃=∞d₃=8.4000r₄=∞d₄=0.1500r₅=12.7792d₅=1.7000n_{d5}=1.73400ν_{d5}=51.47r₆=112.8775d₆=D6r₇=-10.6752d₇=0.7000n_{d7}=1.72916ν_{d7}=54.68r₈=11.0000d₈=1.3500n_{d8}=1.84666ν_{d8}=23.78r₉=57.4122d₉=D9r₁₀=∞ (絞り)d₁₀=0r₁₁=7.5375 (非球面)d₁₁=2.1000n_{d11}=1.74320ν_{d11}=49.34

$r_{12} = -14.2059$ (非球面)
 $d_{12} = 0.1500$
 $r_{13} = 5.4153$
 $d_{13} = 2.1000$ $n_{d13} = 1.74300$ $\nu_{d13} = 51.47$
 $r_{14} = -25.0000$
 $d_{14} = 0.7000$ $n_{d14} = 1.84666$ $\nu_{d14} = 23.78$
 $r_{15} = 2.8519$
 $d_{15} = 1.6250$
 $r_{16} = \infty$ (透過率可変手段又はシャッター配置位置)
 $d_{16} = D16$
 $r_{17} = -13.9912$
 $d_{17} = 1.6000$ $n_{d17} = 1.68893$ $\nu_{d17} = 31.07$
 $r_{18} = -6.0274$ (非球面)
 $d_{18} = 0.8750$
 $r_{19} = \infty$
 $d_{19} = 0.7500$ $n_{d19} = 1.51633$ $\nu_{d19} = 64.14$
 $r_{20} = \infty$
 $d_{20} = D20$
 $r_{21} = \infty$ (撮像面)
 $d_{21} = 0$

【0105】

非球面係数

第2面

K=0

$A_2 = 0$ $A_4 = -2.6082 \times 10^{-4}$ $A_6 = 2.1812 \times 10^{-5}$
 $A_8 = -9.2869 \times 10^{-8}$ $A_{10} = 0$

第11面

K=0

$A_2 = 0$ $A_4 = -4.8935 \times 10^{-4}$ $A_6 = -8.2602 \times 10^{-5}$
 $A_8 = -1.6349 \times 10^{-6}$ $A_{10} = 0$

第12面

K=0

$A_2 = 0$ $A_4 = 1.4604 \times 10^{-4}$ $A_6 = -1.1504 \times 10^{-4}$
 $A_8 = 1.4427 \times 10^{-5}$ $A_{10} = 0$

第18面

K=0

$A_2 = 0$ $A_4 = 1.6159 \times 10^{-3}$ $A_6 = -3.5024 \times 10^{-5}$
 $A_8 = -2.8372 \times 10^{-7}$ $A_{10} = 0$

【0106】ズームデータ

D0 (物体から第1面までの距離) が ∞ のとき

	広角端	中間	望遠端
f (mm)	4.00059	6.92436	12.00132
Fno.	2.5241	3.3645	4.9430
D0	∞	∞	∞
D6	0.89971	3.35716	0.90160
D9	10.02202	4.33848	0.90196
D16	2.97093	6.19241	12.08905
D20	1.00000	1.00000	1.00000

【0107】次に、上記実施例における条件式のパラメータ等の値を次の表に示す。

	実施例 1	実施例 2	実施例 3
レンズデータ	数値データ 1	数値データ 2	数値データ 3
第 3 群のタイプ	B	B	C
広角端での半画角	33.0°	33.0°	33.0°
中間での半画角	19.3°	19.3°	19.3°
望遠端での半画角	11.4°	11.4°	11.4°
L	4.0	4.0	4.0
a	1.85	1.85	2.0
$f_{11}/\sqrt{(f_w \cdot f_T)}$	-1.53101	-1.52589	-1.49860
$f_{12}/\sqrt{(f_w \cdot f_T)}$	2.65560	2.78401	2.70575
d / L	2.16250	2.16250	2.16250
ν_{1N}	40.92	40.92	40.92
$\sqrt{(f_w \cdot f_T)} / f_1$	0.10554	0.06659	0.08163
β_{RW}	-0.68149	-0.56103	-0.53898
$f_{RW}/\sqrt{(f_w \cdot f_T)}$	1.52856	1.54866	1.54772
R_{C2} / R_{C1}	2.47814	4.96168	.....
L / R_{C2}	-0.5	-0.44444	.....
$\nu_{CP} - \nu_{CN}$	25.56	90.90	.....
$(R_{CF} + R_{CR}) / (R_{CF} - R_{CR})$	.....	.....	-1.56808
D_c / f_w	.....	.....	1.32177
$\Sigma ((1/R_{ci}) - (1/R_{ca}))^2$	.....	.....	0.01994
$\Sigma ((1/\nu_{cj+1}) - (1/\nu_{cj}))^2$	.....	.....	1.0155×10^{-3}
$\Sigma (n_{cj+1} - n_{cj})^2$	.....	.....	0.03416
$(R_{1PF} + R_{1PR}) / (R_{1PF} - R_{1PR})$	-0.70009	-0.86568	-0.87670
$(R_{2F} + R_{2R}) / (R_{2F} - R_{2R})$	-0.34010	-0.47005	-0.33869
f_T / f_w	2.99928	2.99736	2.99614
τ_{400} / τ_{550}	0.0	0.0	0.0
τ_{440} / τ_{550}	1.06	1.06	1.06
τ_{600} / τ_{550}	1.0	1.0	1.0
τ_{700} / τ_{550}	0.04	0.04	0.04
折り曲げポイント	3.3	3.3	3.4
至近撮影距離	160mm	160mm	160mm
至近距離での反射面の曲率半径 R	-578	-576	-576

	実施例 4	実施例 5	実施例 6	実施例 7
レンズデータ	数値データ 4	数値データ 5	数値データ 6	数値データ 7
第 3 群のタイソ	A	A	A	A
広角端での半面角	33.1°	33.0°	33.4°	33.4°
中間での半面角	19.3°	19.2°	19.5°	19.6°
望遠端での半面角	11.4°	11.4°	11.6°	11.6°
L	4.0	4.0	5.0	5.0
a	1.85	2.0	2.0	2.0
$f_{11}/\sqrt{(f_w \cdot f_T)}$	-1.49633	-1.52262	-1.58056	-1.65385
$f_{12}/\sqrt{(f_w \cdot f_T)}$	2.58556	2.73107	2.71813	2.81321
d/L	2.16250	2.16250	2.13000	2.07000
ν_{1N}	40.92	40.92	40.92	40.92
$\sqrt{(f_w \cdot f_T)}/f_1$	0.11728	0.07952	0.09765	0.06712
B _{Rw}	-0.43339	-0.48720	-0.45061	-0.50793
$f_{Rw}/\sqrt{(f_w \cdot f_T)}$	1.54826	1.46666	1.46898	1.39741
R_{cs}/R_{ci}	0.51956	0.53887	0.51612	0.52663
L/R _{cs}	-0.33333	-0.23529	-0.25000	-0.20000
$\nu_{CF} - \nu_{CW}$	30.11	25.56	25.56	27.69
$(R_{CF} + R_{CR}) / (R_{CF} - R_{CR})$	-----	-----	-----	-----
D _c /f _w	-----	-----	-----	-----
$\Sigma \{(1/R_{ci}) - (1/R_{ca})\}^2$	-----	-----	-----	-----
$\Sigma \{(1/\nu_{cj+1}) - (1/\nu_{cj})\}^2$	-----	-----	-----	-----
$\Sigma \{n_{cj+1} - n_{cj}\}^2$	-----	-----	-----	-----
$(R_{1PF} + R_{1PR}) / (R_{1PF} - R_{1PR})$	-0.30716	-0.89429	-0.68615	-1.25633
$(R_{2F} + R_{2R}) / (R_{2F} - R_{2R})$	-0.22258	-0.60929	-0.57118	-0.68643
f _T /f _w	3.0065	2.99492	3.00033	2.99989
τ_{400}/τ_{550}	0.0	0.0	0.0	0.0
τ_{440}/τ_{550}	1.06	1.06	1.06	1.06
τ_{600}/τ_{550}	1.0	1.0	1.0	1.0
τ_{700}/τ_{550}	0.04	0.04	0.04	0.04
折り曲げポイント	3.3	3.3	4.0	4.2
至近撮影距離	160mm	160mm	200mm	200mm
至近距離での反射面の曲率半径 R	-600	-577	-717	-670

【0109】なお、本発明の各実施例では、いずれも、折り曲げ方向を上述のように電子撮像素子（CCD）の長辺方向（水平方向）としている。垂直方向へ折り曲がるようにしたほうが、折り曲げのためのスペースが少なく済み小型化には有利であるが、長辺方向への折り曲げに対応できるようにしておけば、長辺、短辺のいずれへの折り曲げにも対応でき、レンズを組み込むカメラデザインの自由度が増して好ましい。また、上記各実施例では、ローパスフィルタは組み込んでいないが、ローパスフィルタを挿入して構成してもよい。また、電子撮像素子の水平画素ピッチ a としては、上記表以外に 1.8 から 3.5 までの値を用いてもよい。なお、表中、折り曲げポイントは、上記レンズデータの仮想面前面（第 3 面）からの距離（45 度反射面と光軸上での距離）で示してある。また、上記各実施例では、各数値データの反射面は無限物点合焦時に平面、近距離物点合焦時は凹面となる。なお、形状可変の原理から無限遠物点合焦時においても、やや凹面にしておき、近距離物点合焦時にはさらに曲率の強い方向の凹面にするとよい。また、反射面の曲率半径は光軸との交点におけるものであり、非球面であってもよい。

【0110】ここで、電子撮像素子の有効撮像面の対角長 L と画素間隔 a について説明しておく。図 24 は本発明の各実施例に用いる電子撮像素子の画素配列の一例を示す図であり、画素間隔 a で R（赤）、G（緑）、B

（青）の画素あるいはシアン、マゼンダ、イエロー、グリーン（緑）の 4 色の画素（図 27）がモザイク状に配されている。有効撮像面は撮影した映像の再生（パソコン上での表示、プリンターによる印刷等）に用いる撮像素子上の光電変換面内における領域を意味する。図中に示す有効撮像面は、光学系の性能（光学系の性能が確保し得るイメージサークル）に合わせて、撮像素子の全光電変換面よりも狭い領域に設定されている。有効撮像面の対角長 L は、この有効撮像面の対角長である。なお、映像の再生に用いる撮像範囲を種々変更可能としてよいが、そのような機能を有する撮像装置に本発明のズームレンズを用いる際は、その有効撮像面の対角長 L が変化する。そのような場合は、本発明における有効撮像面の対角長 L は、とり得る範囲における最大値とする。

【0111】なお、上記各実施例では、最終レンズ群の像側に近赤外カットフィルターを有するか、又は近赤外カットコートは CCD カバーガラス CG の入射面側の表面、もしくは他のレンズの入射面側の面に施してある。また、ズームレンズの入射面から撮像面までの光路にローパスフィルタは配置していない。この近赤外カットフィルター、近赤外カットコート面は、波長 60nm での透過率が 80% 以上、波長 700nm での透過率が 10% 以下となるように構成されている。具体的には、例えば次のような 27 層の層構成からなる多層膜である。ただし、設計波長は 780nm である。

【0112】

基 板	材質	物理的膜厚 (nm)	$\lambda/4$
第1層	Al_2O_3	58.96	0.50
第2層	TiO_2	84.19	1.00
第3層	SiO_2	134.14	1.00
第4層	TiO_2	84.19	1.00
第5層	SiO_2	134.14	1.00
第6層	TiO_2	84.19	1.00
第7層	SiO_2	134.14	1.00
第8層	TiO_2	84.19	1.00
第9層	SiO_2	134.14	1.00
第10層	TiO_2	84.19	1.00
第11層	SiO_2	134.14	1.00
第12層	TiO_2	84.19	1.00
第13層	SiO_2	134.14	1.00
第14層	TiO_2	84.19	1.00
第15層	SiO_2	178.41	1.33
第16層	TiO_2	101.03	1.21
第17層	SiO_2	167.67	1.25
第18層	TiO_2	96.82	1.15
第19層	SiO_2	147.55	1.05
第20層	TiO_2	84.19	1.00
第21層	SiO_2	160.97	1.20
第22層	TiO_2	84.19	1.00
第23層	SiO_2	154.26	1.15
第24層	TiO_2	95.13	1.13
第25層	SiO_2	160.97	1.20
第26層	TiO_2	99.34	1.18
第27層	SiO_2	87.19	0.65

空 気

【0113】上記の近赤外シャープカットコート of 透過率特性は図25に示す通りである。また、近赤外カットコートを施したCCDカバーガラスCGの射出面側、もしくは、近赤外カットコートを施した他のレンズの射出面側には、図26に示すような短波長域の色の透過を低減する色フィルターを設けるか、もしくは、コーティングを行うことで、より一層電子画像の色再現性を高めている。具体的には、この近赤外カットフィルター、もしくは、近赤外カットコーティングにより、波長400nm～700nmで透過率が最も高い波長の透過率に対する420nmの波長の透過率の比が15%以上であり、その最も高い波長の透過率に対する400nmの波長の透過率の比が6%以下であることが好ましい。それにより、人間の目の色に対する認識と、撮像及び再生される画像の色とのずれを低減させることができる。言い換えると、人間の視覚では認識され難い短波長側の色が、人間の目で容易に認識されることによる画像の劣化を防止することができる。

【0114】上記の400nmの波長の透過率の比が6%を上回ると、人間の目では認識され難い単波長域が認識し得る波長に再生されてしまい、逆に、上記の420nmの波長の透過率の比が15%を下回ると、人間の認識し得る波長域の再生が、低くなり、色のバランスが悪くなる。このような波長を制限する手段は、補色モザイクフィルターを用いた撮像系においてより効果を奏するものである。

【0115】上記各実施例では、図26に示すように、波長400nmにおける透過率が0%、波長420nmにおける透過率が90%、波長440nmにおいて透過率のピーク100%となるコーティングとしている。そして、上述の近赤外シャープカットコートとの作用の掛け合わせにより、波長450nmにおける透過率99%をピークとして、波長400nmにおける透過率が0%、波長420nmにおける透過率が80%、波長600nmにおける透過率が82%、波長700nmにおける透過率が2%となっている。それにより、より忠実な

色再現を行っている。

【0116】また、CCDの撮像面1上には、図27に示す通り、シアン、マゼンダ、イエロー、グリーン

(緑)の4色の色フィルターを撮像素素に対応してモザイク状に設けた補色モザイクフィルターを設けている。これら4種類の色フィルターは、それぞれが略同じ数になるように、かつ、隣り合う画素が同じ種類の色フィルターに対応しないようにモザイク状に配置されている。それにより、より忠実な色再現が可能となる。

【0117】補色モザイクフィルターは、具体的には、図27に示すように、少なくとも4種類の色フィルターから構成され、その4種類の色フィルターの特性は以下の通りであることが好ましい。グリーンの色フィルターGは波長 G_p に分光強度のピークを有し、イエローの色フィルターYは波長 Y_p に分光強度のピークを有し、シアンの色フィルターCは波長 C_p に分光強度のピークを有し、マゼンダの色フィルターMは波長 M_{p1} と M_{p2} にピークを有し、次の条件式を満足する。

$$510\text{ nm} < G_p < 540\text{ nm}$$

$$5\text{ nm} < Y_p - G_p < 35\text{ nm}$$

$$-100\text{ nm} < C_p - G_p < -5\text{ nm}$$

$$430\text{ nm} < M_{p1} < 480\text{ nm}$$

$$580\text{ nm} < M_{p2} < 640\text{ nm}$$

【0118】さらに、グリーン、イエロー、シアンの色フィルターはそれぞれの分光強度のピークに対して波長530 nmでは80%以上の強度を有し、マゼンダの色フィルターはその分光強度のピークに対して波長530 nmでは10%から50%の強度を有することが、色再現性を高める上でより好ましい。

【0119】上記各実施例におけるそれぞれの波長特性の一例を図28に示す。グリーンの色フィルターGは、波長525 nmに分光強度のピークを有している。イエローの色フィルターYは、波長555 nmに分光強度のピークを有している。シアンの色フィルターCは、波長510 nmに分光強度のピークを有している。マゼンダの色フィルターMは、波長445 nmと波長620 nmにピークを有している。また、波長530 nmにおける各色フィルターは、それぞれの分光強度のピークに対して、Gは99%、Yは95%、Cは97%、Mは38%となっている。

【0120】このような補色フィルターの場合、図示しないコントローラー（もしくは、デジタルカメラに用いられるコントローラー）で、電氣的に次のような信号処理、即ち、

輝度信号

$$Y = |G + M + Y_p + C| \times 1/4$$

色信号

$$R - Y = |M + Y_p - (G + C)|$$

$$B - Y = |M + C - (G + Y_p)|$$

の信号処理を経て、R（赤）、G（緑）、B（青）の信

号に変換される。なお、上記した近赤外シャープカットコート配置位置は、光路上のどの位置であってもよい。

【0121】また、上記各実施例の数値データにおいて開口絞りSの位置から次の像側のレンズの凸面までの間隔(d_s)が0となっているのは、該レンズの凸面の面頂位置と、開口絞りSから光軸へと下ろした垂線と光軸との交点とが等しいことを意味する。なお、上記各実施例では絞りSを平板としているが、他の構成として円形の開口を持った黒塗り部材を用いても良い。または、図29に示すような漏斗状の絞りをレンズの凸面の傾きに沿ってかぶせても良い。さらには、レンズを保持する鏡枠において絞りを形成してもよい。

【0122】また、上記各実施例においては、本発明における光量を調節するための透過率可変手段や受光時間を調節するためのシャッターを、第3レンズ群G3の像側の空気間隔に配置することができるよう設計されている。そして、光量調節手段に関しては、図30に示すように、素通し面又は中空の開口、透過率1/2のNDフィルター、透過率1/4のNDフィルター等をターゲット状に設けて構成したものを用いることができる。

【0123】この具体例を図31に示す。ただし、この図では便宜上、第1レンズ群G1～第2レンズ群G2は省いて図示してある。第3レンズ群G3と第4レンズ群G4との間の光軸上の位置に、0段、-1段、-2段、-3段の明るさ調節を可能とする図30に示すターゲット10を配置している。ターゲット10には、有効光束を透過する領域にて、各々波長550 nmに対する透過率について、透過率100%の開口、透過率50パーセントのNDフィルター、透過率25%のNDフィルター、透過率12.5%のNDフィルターが設けられた開口部1A、1B、1C、1Dを有している。そして、ターゲット10の回転軸11の周りの回動により、いずれかの開口を絞り位置とは異なる空間であるレンズ間の光軸上に配置することで光量調節を行っている。

【0124】また、光量調節手段として、図32に示すように、光量ムラを抑えるように、光量調節が可能なフィルター面を設けても良い。図32のフィルター面は、同心円状に透過率が異なり、中心にいくほど光量が低下するようになっている。そして、上記フィルター面を配置することにより、暗い被写体に対しては中心部の光量確保を優先して透過率を均一とし、明るい被写体に対してのみ明るさムラを補うように構成してもよい。

【0125】さらには、装置全体の薄型化を考慮すると、電氣的に透過率を制御できる電気光学素子を用いることが出来る。電気光学素子は、たとえば、図33に示すように、TN液晶セルを透明電極と偏光方向を一致させた偏光膜を持つ2枚の平行平板で両側から挟み込み、透明電極間の電圧を適宜かえることにより液晶の内での偏光方向を変化させて透過する光量を調節する液晶フィ

ルター等で構成できる。なお、この液晶フィルターでは、可変抵抗を介してTN液晶セルにかかる電圧を調整して、TN液晶セルの配向を変化させている。

【0126】さらには、光量調節手段として、上述のような透過率を調節する各種フィルターにかえて受光時間を調節するシャッターを設けても良い。又はシャッターをフィルターと併設させても良い。シャッターは像面近傍に配置した移動幕によるフォーカルプレーンシャッターで構成しても良いし、光路途中に設けた2枚羽のレンズシャッター、フォーカルプレーンシャッター、液晶シャッター等、種々のもので構成しても構わない。

【0127】図34は本発明の各実施例にかかる電子撮像装置に適用可能な受光時間を調節するフォーカルプレーンシャッターの1つであるロータリーフォーカルプレーンシャッターの一例を示す概略構成図であり、(a)は裏面図、(b)は表面図、図35(a)～(d)はロータリーシャッター幕Bが回転する様子を像面側からみた図である。図34中、Aはシャッター基板、Bはロータリーシャッター幕、Cはロータリーシャッター幕の回転軸、D1、D2はギアである。

【0128】シャッター基板Aは、本発明の電子撮像装置において、像面の直前、または任意の光路に配置される構成となっている。また、シャッター基板Aには、光学系の有効光束を透過する開口部A1が設けられている。ロータリーシャッター幕Bは略半円型に形成されている。ロータリーシャッター幕の回転軸Cは、ロータリーシャッター幕Bと一体化されている。また、回転軸Cは、シャッター基板Aに対して回転するようになっている。また、回転軸Cは、シャッター基板Aの表面のギアD1、D2と連結されている。ギアD1、D2は図示しないモーターと連結されている。そして、図示しないモーターの駆動により、ギアD2、D1、回転軸Cを介してロータリーシャッター幕Bが回転軸Cを中心に、時間を追って図35(a)～(d)の順で回転するようになっている。ロータリーシャッター幕Bは、回転により、シャッター基板Aの開口部A1の遮蔽と退避を行いシャッターとしての役割を果たしている。また、シャッタースピードはロータリーシャッター幕Bの回転するスピードを変えることで調整されるようになっている。

【0129】以上、光量調節手段について説明したが、

$$Z = c r^2 / [1 + \sqrt{1 - (1 + k) c^2 r^2}] + \sum_{j=2}^M C_j X^m Y^n \quad \dots (a)$$

ここで、(a)式の第1項は球面項、第2項は自由曲面項である。Mは2以上の自然数である。球面項中、
c：頂点の曲率
k：コーニック定数（円錐定数）

これらのシャッター、透過率可変フィルターは、上述の本発明の実施例においては、例えば、第1実施例の第16面に配置される。なお、これらの光量調節手段は、上述の開口絞りとは異なる位置であれば、他の位置に配置しても良い。

【0130】また、上述の電気光学素子に、シャッターの役割を兼用させても良い。このようにすると、部品点数の削減、光学系の小型化の点でより好ましい。

【0131】次に、本発明のズームレンズにおける光路折り曲げ用の反射面を持つ反射光学素子として適用可能な可変ミラーの構成例について説明する。図36は本発明のズームレンズの折り曲げ用の反射面を持つ反射光学素子として適用可能な可変形状鏡409の一実施例を示す概略構成図である。まず、光学特性可変形状鏡409の基本構成について説明する。

【0132】可変形状鏡409は、アルミコーティング等で作られた薄膜（反射面）409aと複数の電極409bを有してなる光学特性可変形状鏡（以下、単に可変形状鏡と言う。）であり、411は各電極409bにそれぞれ接続された複数の可変抵抗器、414は複数の可変抵抗器411の抵抗値を制御するための演算装置、415、416及び417はそれぞれ演算装置414に接続された温度センサー、湿度センサー及び距離センサーで、これらは図示のように配設されて1つの光学装置を構成している。

【0133】可変形状鏡の面は、平面でなくてもよく、球面、回転対称非球面の他、光軸に対して偏心した球面、平面、回転対称非球面、あるいは、対称面を有する非球面、対称面を1つだけ有する非球面、対称面のない非球面、自由曲面、微分不可能な点又は線を有する面等、いかなる形状をしていてもよく、さらに、反射面でも屈折面でも光に何らかの影響を与え得る面ならばよい。以下、これらの面を総称して拡張曲面という。

【0134】なお、可変形状鏡の反射面の形状は、自由曲面に構成するのがよい。なぜなら、収差補正が容易にでき、有利だからである。また、本発明で使用する自由曲面とは以下の式で定義されるものである。この定義式のZ軸が自由曲面の軸となる。

【0135】

$$r = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

である。

【0136】自由曲面項は、

55

$$\sum_{j=2}^M C_j X^m Y^n$$

$$= C_2 X + C_3 Y$$

$$+ C_4 X^2 + C_5 XY + C_6 Y^2$$

$$+ C_7 X^3 + C_8 X^2 Y + C_9 XY^2 + C_{10} Y^3$$

$$+ C_{11} X^4 + C_{12} X^3 Y + C_{13} X^2 Y^2 + C_{14} XY^3 + C_{15} Y^4$$

$$+ C_{16} X^5 + C_{17} X^4 Y + C_{18} X^3 Y^2 + C_{19} X^2 Y^3 + C_{20} XY^4$$

$$+ C_{21} Y^5$$

$$+ C_{22} X^6 + C_{23} X^5 Y + C_{24} X^4 Y^2 + C_{25} X^3 Y^3$$

$$+ C_{26} X^2 Y^4 + C_{27} XY^5 + C_{28} Y^6$$

$$+ C_{29} X^7 + C_{30} X^6 Y + C_{31} X^5 Y^2 + C_{32} X^4 Y^3$$

$$+ C_{33} X^3 Y^4 + C_{34} X^2 Y^5 + C_{35} XY^6 + C_{36} Y^7$$

.....

56

ただし、 C_j (j は 2 以上の整数) は係数である。上記自由曲面は、一般的には、 $X-Z$ 面、 $Y-Z$ 面共に対称面を持つことはないが、 X の奇数次項を全て 0 にすることによって、 $Y-Z$ 面と平行な対称面が 1 つだけ存在する自由曲面となる。また、 Y の奇数次項を全て 0 にすることによって、 $X-Z$ 面と平行な対称面が 1 つだけ存在する自由曲面となる。

【0137】本実施例の可変形状鏡は、図 36 に示すように、薄膜 409a と電極 409b との間に圧電素子 409c が介装されていて、これらが支持台 423 上に設けられている。そして、圧電素子 409c に加わる電圧を各電極 409b 毎に変えることにより、圧電素子 409c に部分的に異なる伸縮を生じさせて、薄膜 409a の形状を変えることができるようになっている。電極 409b の形は、図 37 に示すように、同心分割であってもよいし、図 38 に示すように、矩形分割であってもよく、その他、適宜の形のものを選択することができる。図 36 中、424 は演算装置 414 に接続された振れ (ブレ) センサーであって、例えばデジタルカメラの振れを検知し、振れによる像の乱れを補償するように薄膜 409a を変形させるべく、演算装置 414 及び可変抵抗器 411 を介して電極 409b に印加される電圧を変化させる。このとき、温度センサー 415、湿度センサー 416 及び距離センサー 417 からの信号も同時に考慮され、ピント合わせ、温湿度補償等が行われる。この場合、薄膜 409a には圧電素子 409c の変形に伴う応力が加わるので、薄膜 409a の厚さはある程度厚めに作られて相応の強度を持たせるようにするのがよい。

【0138】図 39 は本発明のズームレンズの折り曲げ用の反射面を持つ反射光学素子として適用可能な可変形状鏡 409 のさらに他の実施例を示す概略構成図である。本実施例の可変形状鏡は、薄膜 409a と電極 409b の間に介置される圧電素子が逆方向の圧電特性を持つ材料で作られた 2 枚の圧電素子 409c 及び 409c'

c' で構成されている点で、図 36 に示された実施例の可変形状鏡とは異なる。すなわち、圧電素子 409c と 409c' が強誘電性結晶で作られているとすれば、結晶軸の向きが互いに逆になるように配置される。この場合、圧電素子 409c と 409c' は電圧が印加されると逆方向に伸縮するので、薄膜 409a を変形させる力が図 36 に示した実施例の場合よりも強くなり、結果的にミラー表面の形を大きく変えることができるという利点がある。

【0139】圧電素子 409c、409c' に用いる材料としては、例えばチタン酸バリウム、ロッシェル塩、水晶、電気石、リン酸二水素カリウム (KDP)、リン酸二水素アンモニウム (ADP)、ニオブ酸リチウム等の圧電物質、同物質の多結晶体、同物質の結晶、 $PbZrO_3$ と $PbTiO_3$ の固溶体の圧電セラミックス、ニフッ化ポリビニール (PVDF) 等の有機圧電物質、上記以外の強誘電体等があり、特に有機圧電物質はヤング率が小さく、低電圧でも大きな変形が可能であるので、好ましい。なお、これらの圧電素子を利用する場合、厚さを不均一にすれば、上記実施例において薄膜 409a の形状を適切に変形させることも可能である。

【0140】また、圧電素子 409c、409c' の材質としては、ポリウレタン、シリコンゴム、アクリルエラストマー、PZT、PLZT、ポリフッ化ビニリデン (PVDF) 等の高分子圧電体、シアン化ビニリデン共重合体、ビニリデンフルオライドとトリフルオロエチレンの共重合体等が用いられる。圧電性を有する有機材料や、圧電性を有する合成樹脂、圧電性を有するエラストマー等を用いると可変形状鏡面の大きな変形が実現できてよい。

【0141】なお、図 36、図 40 の圧電素子 409c に電歪材料、例えば、アクリルエラストマー、シリコンゴム等を用いる場合には、圧電素子 409c を別の基板 409c-1 と電歪材料 409c-2 を貼り合わせた構

造にしてもよい。

【0142】図40は本発明のズームレンズの折り曲げ用の反射面を持つ反射光学素子として適用可能な可変形状鏡409のさらに他の実施例を示す概略構成図である。本実施例の可変形状鏡は、圧電素子409cが薄膜409aと電極409dとにより挟持され、薄膜409aと電極409d間に演算装置414により制御される駆動回路425を介して電圧が印加されるようになっており、さらにこれとは別に、支持台423上に設けられた電極409bにも演算装置414により制御される駆動回路425を介して電圧が印加されるように構成されている。したがって、本実施例では、薄膜409aは電極409dとの間に印加される電圧と電極409bに印加される電圧による静電気力とにより二重に変形され得、上記実施例に示した何れのものよりもより多くの変形パターンが可能であり、かつ、応答性も速いという利点がある。

【0143】そして、薄膜409a、電極409d間の電圧の符号を変えれば、可変形状鏡を凸面にも凹面にも変形させることができる。その場合、大きな変形を圧電効果で行ない、微細な形状変化を静電気力で行なってもよい。また、凸面の変形には圧電効果を主に用い、凹面の変形には静電気力を主に用いてもよい。なお、電極409dは電極409bのように複数の電極から構成されてもよい。この様子を図40に示した。なお、本願では、圧電効果と電歪効果、電歪をすべてまとめて圧電効果と述べている。従って、電歪材料も圧電材料に含むものとする。

【0144】図41は本発明のズームレンズの折り曲げ用の反射面を持つ反射光学素子として適用可能な可変形状鏡409のさらに他の実施例を示す概略構成図である。本実施例の可変形状鏡は、電磁力を利用して反射面の形状を変化させ得るようにしたもので、支持台423の内部底面上には永久磁石426が、頂面上には窒化シリコン又はポリイミド等からなる基板409eの周縁部が載置固定されており、基板409eの表面にはアルミニウム等の金属コートで作られた薄膜409aが付設されていて、可変形状鏡409を構成している。基板409eの下面には複数のコイル427が配設されており、これらのコイル427はそれぞれ駆動回路428を介して演算装置414に接続されている。したがって、各センサー415、416、417、424からの信号によって演算装置414において求められる光学系の変化に対応した演算装置414からの出力信号により、各駆動回路428から各コイル427にそれぞれ適当な電流が供給されると、永久磁石426との間に働く電磁力で各コイル427は反発又は吸着され、基板409e及び薄膜409aを変形させる。

【0145】この場合、各コイル427はそれぞれ異なる量の電流を流すようにすることもできる。また、コイ

ル427は1個でもよいし、永久磁石426を基板409eに付設しコイル427を支持台423の内部底面側に設けるようにしてもよい。また、コイル427はリソグラフィ等の手法で作るとよく、さらに、コイル427には強磁性体よりなる鉄心を入れるようにしてもよい。

【0146】この場合、薄膜コイル427の巻密度を、図42に示すように、場所によって変化させることにより、基板409e及び薄膜409aに所望の変形を与えるようにすることもできる。また、コイル427は1個でもよいし、また、これらのコイル427には強磁性体よりなる鉄心を挿入してもよい。

【0147】図43は本発明のズームレンズの折り曲げ用の反射面を持つ反射光学素子として適用可能な可変形状鏡409のさらに他の実施例を示す概略構成図である。図中、412は電源である。本実施例の可変形状鏡では、基板409eは鉄等の強磁性体で作られており、反射膜としての薄膜409aはアルミニウム等からなっている。この場合、薄膜コイルを設けなくてもすむから、構造が簡単で、製造コストを低減することができる。また、電源スイッチ413を切換え兼電源開閉用スイッチに置換すれば、コイル427に流れる電流の方向を変えることができ、基板409e及び薄膜409aの形状を自由に変えることができる。図44は本実施例におけるコイル427の配置を示し、図45はコイル427の他の配置例を示しているが、これらの配置は、図41に示した実施例にも適用することができる。なお、図46は、図41に示した実施例において、コイル427の配置を図45に示したようにした場合に適する永久磁石426の配置を示している。すなわち、図46に示すように、永久磁石426を放射状に配置すれば、図41に示した実施例に比べて、微妙な変形を基板409e及び薄膜409aに与えることができる。また、このように電磁力を用いて基板409e及び薄膜409aを変形させる場合（図41及び図43の実施例）は、静電気力を用いた場合よりも低電圧で駆動できるという利点がある。

【0148】以上いくつかの可変形状鏡の実施例を述べたが、ミラーの形を変形させるのに、図40の例に示すように、2種類以上の力を用いてもよい。つまり静電気力、電磁力、圧電効果、磁歪、流体の圧力、電場、磁場、温度変化、電磁波等のうちから2つ以上を同時に用いて可変形状鏡を変形させてもよい。つまり2つ以上の異なる駆動方法を用いて光学特性可変光学素子を作れば、大きな変形と微細な変形とを同時に実現でき、精度の良い鏡面が実現できる。

【0149】図47は本発明のさらに他の実施例に係る、ズームレンズの折り曲げ用の反射面を持つ反射光学素子として適用可能な可変形状鏡409を用いた撮像系、例えば携帯電話のデジタルカメラ、カプセル内視

鏡、電子内視鏡、パソコン用デジタルカメラ、PDA用デジタルカメラ等に用いられる撮像系の概略構成図である。本実施例の撮像系は、第1実施例で示した光学構成における反射光学素子R1を可変形状鏡409で構成したものである。そして、これらのズームレンズと、電子撮像素子であるCCD408と、制御系103とで一つの撮像ユニット104を構成している。本実施例の撮像ユニット104では、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1₁を通った物体からの光は、可変形状鏡409で集光され、両凸正レンズL1₂、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4、CCDカバーガラスCGを経て、固体撮像素子であるCCD408の上に結像する。この可変形状鏡409は、光学特性可変光学素子の一種であり、可変焦点ミラーとも呼ばれている。

【0150】本実施例によれば、物体距離が変わっても可変形状鏡409を変形させることでピント合わせをすることができ、レンズをモータ等で駆動する必要がなく、小型化、軽量化、低消費電力化の点で優れている。また、撮像ユニット104は本発明の撮像系としてすべての実施例で用いることができる。また、可変形状鏡409を複数用いることでズーム、変倍の撮像系、光学系を作ることができる。なお、図47では、制御系103にコイルを用いたトランスの昇圧回路を含む制御系の構成例を示している。特に積層型圧電トランスを用いると、小型化できてよい。昇圧回路は本発明のすべての電気を用いる可変形状鏡に用いることができるが、特に静電気力、圧電効果を用いる場合の可変形状鏡に有用である。なお、可変形状鏡409でピント合わせを行なう場合には、例えば固体撮像素子408に物体像を結像させ、可変形状鏡409の焦点距離を変化させながら物体像の高周波成分が最大になる状態を見つければよい。高周波成分を検出するには、固体撮像素子408にマイクロコンピュータ等を含む処理回路を接続し、その中で高周波成分を検出すればよい。

【0151】さて、以上のような本発明の折り曲げズームレンズを用いた電子撮像装置は、ズームレンズ等の結像光学系で物体像を形成しその像をCCDや銀塩フィルムといった撮像素子に受光させて撮影を行う撮影装置、とりわけデジタルカメラやビデオカメラ、情報処理装置の例であるパソコン、電話、特に持ち運びに便利な携帯電話等に用いることができる。以下に、その実施形態を例示する。

【0152】図48～図50は本発明による折り曲げズームレンズをデジタルカメラの撮影光学系41に組み込んだ構成の概念図であり、図48はデジタルカメラ40の外観を示す前方斜視図、図49は同後方斜視図、図50はデジタルカメラ40の構成を示す断面図である。なお、図50に示すデジタルカメラは、撮像光路をファインダーの長辺方向に折り曲げた構成となっており、図5

0中の観察者の眼を上側からみて示してある。

【0153】デジタルカメラ40は、この例の場合、撮影用光路42を有する撮影光学系41、ファインダー用光路44を有するファインダー光学系43、シャッター45、フラッシュ46、液晶表示モニター47等を含み、カメラ40の上部に配置されたシャッター45を押圧すると、それに連動して撮影光学系41、例えば、第1実施例の光路折り曲げズームレンズを通して撮影が行われるようになっている。そして、撮影光学系41によって形成された物体像が、近赤外カットフィルター、又はCCDカバーガラス又はその他のレンズに施された近赤外カットコートを経てCCD49の撮像面上に形成される。

【0154】このCCD49で受光された物体像は、処理手段51を介し、電子画像としてカメラ背面に設けられた液晶表示モニター47に表示される。また、この処理手段51には記録手段52が接続され、撮影された電子画像を記録することもできる。なお、この記録手段52は処理手段51と別体に設けてもよいし、フロッピー（登録商標）ディスクやメモリーカード、MO等により電子的に記録書込を行うように構成してもよい。また、CCD49に代わって銀塩フィルムを配置した銀塩カメラとして構成してもよい。

【0155】さらに、ファインダー用光路44上にはファインダー用対物光学系53が配置してある。このファインダー用対物光学系53によって形成された物体像は、像正立部材であるポロプリズム55の視野枠57上に形成される。このポロプリズム55の後方には、正立正像にされた像を観察者眼球Eに導く接眼光学系59が配置されている。なお、撮影光学系41及びファインダー用対物光学系53の入射側、接眼光学系59の射出側にそれぞれカバー部材50が配置されている。

【0156】このように構成されたデジタルカメラ40は、長辺方向に光路を置き曲げたことによりカメラの薄型化に効果がある。また、撮影光学系41が広画角で高変倍比であり、収差が良好で、明るく、フィルター等が配置できるバックフォーカスの大きなズームレンズであるので、高性能・低コスト化が実現できる。なお、本実施例のデジタルカメラ40の撮像光路をファインダーの短辺方向に折り曲げて構成してもよい。その場合には、撮影レンズの入射面からストロボ（又はフラッシュ）をより上方に離して配置し、人物のストロボ撮影時の際に生じる影の影響を緩和できるレイアウトにし得る。また、図50の例では、カバー部材50として平行平板を配置しているが、パワーを持ったレンズを用いてもよい。

【0157】次に、本発明の折り曲げズームレンズが対物光学系として内蔵された情報処理装置の一例であるパソコンを図51～図53に示す。図51はパソコン300のカバーを開いた前方斜視図、図52はパソコン300

0の撮影光学系303の断面図、図53は図51の側面図である。

【0158】図51～図53に示すように、パソコン300は、外部から操作者が情報を入力するためのキーボード301と、図示を省略した情報処理手段や記録手段と、情報を操作者に表示するモニター302と、操作者自身や周辺の像を撮影するための撮影光学系303とを有している。ここで、モニター302は、図示しないバックライトにより背面から照明する透過型液晶表示素子や、前面からの光を反射して表示する反射型液晶表示素子や、CRTディスプレイ等であってよい。また、図中、撮影光学系303は、モニター302の右上に内蔵されているが、その場所に限らず、モニター302の周囲や、キーボード301の周囲のどこであってもよい。この撮影光学系303は、撮影光路304上に、本発明による例えば第1実施例の光路折り曲げズームレンズからなる対物レンズ112と、像を受光する撮像素子チップ162とを有している。これらはパソコン300に内蔵されている。

【0159】ここで、撮像素子チップ162上にはカバーガラスCGが付加的に貼り付けられて撮像ユニット160として一体に形成され、対物レンズ112の鏡枠113の後端にワンタッチで嵌め込まれて取り付け可能になっているため、対物レンズ112と撮像素子チップ162の中心合わせや面間隔の調整が不要であり、組立が簡単となっている。また、鏡枠113の先端（図示略）には、対物レンズ112を保護するためのカバーガラス114が配置されている。なお、鏡枠113中のズームレンズの駆動機構等は図示を省いてある。

【0160】撮像素子チップ162で受光された物体像は、端子166を介して、パソコン300の処理手段に入力され、電子画像としてモニター302に表示される。図51には、その一例として、操作者の撮影された画像305が示されている。また、この画像305は、処理手段を介し、インターネットや電話を介して、遠隔地から通信相手のパソコンに表示されることも可能である。

【0161】次に、本発明の折り曲げズームレンズが撮影光学系として内蔵された情報処理装置の一例である電話、特に持ち運びに便利な携帯電話を図54に示す。図54(a)は携帯電話400の正面図、図54(b)は側面図、図54(c)は撮影光学系405の断面図である。図54(a)～(c)に示すように、携帯電話400は、操作者の声を情報として入力するマイク部401と、通話相手の声を出力するスピーカ部402と、操作者が情報を入力する入力ダイヤル403と、操作者自身や通話相手等の撮像像と電話番号等の情報を表示するモニター404と、撮影光学系405と、通信電波の送信と受信を行うアンテナ406と、画像情報や通信情報、入力信号等の処理を行う処理手段（図示せず）とを有している。こ

で、モニター404は液晶表示素子である。また、図中、各構成の配置位置は、特にこれらに限られない。この撮影光学系405は、撮影光路407上に配置された本発明による例えば第1実施例の光路折り曲げズームレンズからなる対物レンズ112と、物体像を受光する撮像素子チップ162とを有している。これらは、携帯電話400に内蔵されている。

【0162】ここで、撮像素子チップ162上にはカバーガラスCGが付加的に貼り付けられて撮像ユニット160として一体に形成され、対物レンズ112の鏡枠113の後端にワンタッチで嵌め込まれて取り付け可能になっているため、対物レンズ112と撮像素子チップ162の中心合わせや面間隔の調整が不要であり、組立が簡単となっている。また、鏡枠113の先端（図示略）には、対物レンズ112を保護するためのカバーガラス114が配置されている。なお、鏡枠113中のズームレンズの駆動機構等は図示を省いてある。

【0163】撮像素子チップ162で受光された物体像は、端子166を介して、図示していない処理手段に入力され、電子画像としてモニター404に、又は、通信相手のモニターに、又は、両方に表示される。また、通信相手に画像を送信する場合、撮像素子チップ162で受光された物体像の情報を、送信可能な信号へと変換する信号処理機能が処理手段には含まれている。

【0164】以上説明したように、本発明のズームレンズ及びそれを有する電子撮像装置は、特許請求の範囲に記載された発明の他に、次に示すような特徴も備えている。

【0165】（1）前記電子撮像素子の水平画素ピッチをa、前記ズームレンズの広角端での開放F値をFとするときに、次の条件式を満足することを特徴とする請求項6に記載の電子撮像装置。

$$F \geq a / (1 \mu m)$$

【0166】（2）前記開放F値を決定する開口絞りの内径は固定であり、該絞りの直前または直後に、該絞りに向って凸面を向けたレンズを備え、光軸と、前記開口絞りから該光軸に下した垂線との交点が、前記レンズの内部乃至前記凸面の面頂点から0.5mm以内に位置することを特徴とする上記（1）に記載の電子撮像装置。

【0167】（3）前記交点が、前記レンズの内部乃至面頂以内に位置することを特徴とする上記（2）に記載の電子撮像装置。

【0168】（4）透過率を変更することにより前記電子撮像素子に導かれる光量を調節する透過率可変手段を備え、該透過率可変手段を、前記絞りの配置される空間とは異なる空間の光路中に配置したことを特徴とする上記（1）～（3）のいずれかに記載の電子撮像装置。

【0169】（5）前記電子撮像素子に導かれる光束の受光時間を調節するシャッターを備え、該シャッターを、前記絞りの配置される空間とは異なる空間の光路中

に配置したことを特徴とする上記 (1) ~ (4) のいずれかに記載の電子撮像装置。

【0170】 (6) 光学系の入射面から撮像面までの光路にローパスフィルターを配置しないことを特徴とする請求項 6、上記 (1) ~ (5) のいずれかに記載の電子撮像装置。

【0171】 (7) 前記ズームレンズと撮像面との間に配置される各々の媒質境界面が、全てほぼ平面であり、かつ、光学ローパスフィルターのような空間周波数変換作用が無いことを特徴とする請求項 6、上記 (1) ~ (5) のいずれかに記載の電子撮像装置。

【0172】 (8) 前記第 3 レンズ群が、3 枚のレンズで構成され、前記 3 枚のレンズが、正レンズと負レンズとを接合した接合レンズ成分と、単レンズの 2 つのレンズ成分で構成されるか、または、3 枚の接合レンズからなる 1 つのレンズ成分で構成され、広角端から望遠端に変倍する際に、物体側にのみ移動することを特徴とする請求項 2 ~ 5 のいずれかに記載のズームレンズ。

【0173】 (9) 次の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のズームレンズ。

$$0.9 < -f_{11}/\sqrt{(f_w \cdot f_T)} < 2.4$$

$$1.6 < f_{12}/\sqrt{(f_w \cdot f_T)} < 3.6$$

ただし、 f_{11} は最物体側レンズ群における負レンズ成分の焦点距離、 f_{12} は最物体側レンズ群における正レンズ成分の焦点距離、 f_w はズームレンズの広角端における全系の焦点距離、 f_T はズームレンズの望遠端における全系の焦点距離である。

【0174】 (10) 上記 (9) に記載のズームレンズ及びその像側に配置された電子撮像素子を有し、次の条件式を満足することを特徴とする電子撮像装置。

$$1.4 < d/L < 3.0$$

ただし、 d は最物体側レンズ群における負レンズ成分の像側面頂から正レンズ成分の物体側面頂までの光軸上に沿って測った空気換算長、 L は電子撮像素子の有効撮像領域の対角長である。

【0175】 (11) 前記最物体側レンズ群の負レンズ成分を負の単レンズで構成し、次の条件式を満足することを特徴とする上記 (10) に記載の電子撮像装置。

$$2.6 < \nu_{1N}$$

$$-0.1 < \sqrt{(f_w \cdot f_T)} / f_1 < 0.6$$

ただし、 ν_{1N} は最物体側レンズ群における負の単レンズの媒質の d 線基準でのアッペ数、 f_1 は最物体側レンズ群の焦点距離、 f_w はズームレンズの広角端における全系の焦点距離、 f_T はズームレンズの望遠端における全系の焦点距離である。

【0176】 (12) 前記最物体側レンズ群における負レンズ成分を負の単レンズで構成し、前記正レンズ成分を正の単レンズにて構成したことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のズームレンズ。

【0177】 (13) 前記第 1 レンズ群が正の屈折力を

有し、前記第 3 レンズ群が変倍時に物体側にのみ移動し、前記最像側レンズ群が非球面を含み、かつ、変倍時に固定されていることを特徴とする請求項 3 に記載のズームレンズ。

【0178】 (14) 次の条件式を満足することを特徴とする請求項 2 ~ 4 のいずれかに記載のズームレンズ。

$$0.3 < -\beta R_w < 0.8$$

$$0.8 < f R_w / \sqrt{(f_w \cdot f_T)} < 2.0$$

ただし、 βR_w は無限遠物点合焦時での広角端における第 3 レンズ群以降の合成倍率、 $f R_w$ は無限遠物点合焦時での広角端における第 3 レンズ群以降の合成焦点距離、 f_w はズームレンズの広角端における全系の焦点距離、 f_T はズームレンズの望遠端における全系の焦点距離である。

【0179】 (15) 前記第 3 レンズ群が、3 枚のレンズで構成され、前記 3 枚のレンズが、物体側から順に、単レンズと、正レンズと負レンズとを接合した接合レンズ成分とで構成されていることを特徴とする請求項 2 ~ 5、上記 (8) のいずれかに記載のズームレンズ。

【0180】 (14) 前記第 3 レンズ群が、3 枚のレンズで構成され、前記 3 枚のレンズが、物体側から順に、正レンズと負レンズとを接合した接合レンズ成分と、単レンズとで構成されていることを特徴とする請求項 2 ~ 5、上記 (8) のいずれかに記載のズームレンズ。

【0181】 (17) 前記第 3 レンズ群が、3 枚のレンズで構成され、前記 3 枚のレンズが、物体側から順に、正レンズと負レンズと正レンズとを接合した接合レンズ成分からなることを特徴とする請求項 2 ~ 5、上記 (8) のいずれかに記載のズームレンズ。

【0182】 (18) 次の条件式を満足することを特徴とする上記 (15) に記載のズームレンズ。

$$0.4 < R_{c3}/R_{c1} < 0.8$$

ただし、 R_{c3} は第 3 レンズ群における接合レンズ成分の最も像側の面の光軸上での曲率半径、 R_{c1} は第 3 レンズ群における接合レンズ成分の最も物体側の面の光軸上での曲率半径である。

【0183】 (19) 次の条件式を満足することを特徴とする上記 (16) に記載のズームレンズ。

$$1.0 < R_{c3}/R_{c1} < 1.0$$

ただし、 R_{c3} は第 3 レンズ群における接合レンズ成分の最も像側の面の光軸上での曲率半径、 R_{c1} は第 3 レンズ群における接合レンズ成分の最も物体側の面の光軸上での曲率半径である。

【0184】 (20) 上記 (15) 又は (18) のズームレンズ、及びその像側に配置された電子撮像素子を含み、次の条件式を満足することを特徴とする電子撮像装置。

$$-0.7 < L/R_{c2} < 0.1$$

$$1.5 < \nu_{cp} - \nu_{cg}$$

ただし、 L は使用する撮像素子の対角長 (mm) であ

る。なお、前記撮像素子については広角端画角が55度以上を含むように使用することが前提である。 R_{c2} は第3レンズ群における接合レンズ成分の接合面の光軸上での曲率半径、 ν_{cf} は第3レンズ群における接合レンズ成分の正レンズの媒質のアッベ数、 ν_{cr} は第3レンズ群の接合レンズ成分における負レンズの媒質のアッベ数である。

【0185】(21) 上記(16)又は(20)のズームレンズ、及びその像側に配置された電子撮像素子を含み、次の条件式を満足することを特徴とする電子撮像装置。

$$-1.1 < L/R_{c2} < 0$$

$$1.5 < \nu_{cf} - \nu_{cr}$$

ただし、 L は使用する撮像素子の対角長(mm)である。なお、前記撮像素子については広角端画角が55度以上を含むように使用することが前提である。 R_{c2} は第3レンズ群における接合レンズ成分の接合面の光軸上での曲率半径、 ν_{cf} は第3レンズ群における接合レンズ成分の正レンズの媒質のアッベ数、 ν_{cr} は第3レンズ群の接合レンズ成分における負レンズの媒質のアッベ数である。

【0186】(22) 次の条件式を満足することを特徴とする上記(17)に記載のズームレンズ。

$$-4.0 < (R_{cf} + R_{cr}) / (R_{cf} - R_{cr}) < 0$$

ただし、 R_{cf} は3枚接合レンズ成分の最も物体側の面の光軸上での曲率半径、 R_{cr} は3枚接合レンズ成分の最も像側の面の光軸上での曲率半径である。

【0187】(23) 次の条件式を満足することを特徴とする上記(17)又は(22)に記載のズームレンズ。

$$0.6 < Dc/fw < 1.8$$

ただし、 Dc は、3枚接合レンズ成分の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上での距離、 fw はズームレンズの広角端における全系の焦点距離である。

【0188】(24) 次の条件式を満足することを特徴とする上記(17)、(22)、(23)のいずれかに記載のズームレンズ。

$$0.002/\text{mm}^2 < \sum |(1/R_{ci}) - (1/R_{ca})|^2 < 0.05/\text{mm}^2$$

ただし、 R_{ci} は3枚接合レンズ成分の物体側から*i*番目の接合面の光軸上の曲率半径、 R_{ca} は $R_{ca} = m / |\sum (1/R_{ci})|$ ($i=1 \dots m$)であり、ここで、 m は接合面数の2である。

【0189】(25) 次の条件式を満足することを特徴とする上記(17)、(22)～(24)のいずれかに記載のズームレンズ。

$$5 \times 10^{-5} < \sum |(1/\nu_{cj+1}) - (1/\nu_{cj})|^2 < 4 \times 10^{-3}$$

ただし、 ν_{cj} は3枚接合レンズ成分の物体側から*i*番

目のd線基準での媒質のアッベ数、 $j=1 \dots n-1$ であり、ここで、 n は接合されるレンズ枚数の3である。

【0190】(26) 次の条件式を満足することを特徴とする上記(17)、(22)～(25)のいずれかに記載のズームレンズ。

$$0.005 < \sum |nc_{j+1} - nc_j|^2 < 0.5$$

ただし、 nc_j は3枚接合レンズ成分の物体側から*i*番目のd線基準での媒質の屈折率、 $j=1 \dots n-1$ であり、ここで、 n は接合されるレンズ枚数の3である。

【0191】(27) 前記最物体側レンズ群の負レンズ成分が非球面であることを特徴とする請求項1又は2に記載のズームレンズ。

【0192】(28) 次の条件式を満足することを特徴とする上記(27)に記載のズームレンズ。

$$-2.5 < (R_{1Pf} + R_{1Pr}) / (R_{1Pf} - R_{1Pr}) < 0.6$$

ただし、 R_{1Pf} は最物体側レンズ群の正レンズ成分の物体側面の光軸上での曲率半径、 R_{1Pr} は最物体側レンズ群の正レンズ成分の像側面の光軸上での曲率半径である。

【0193】(29) 前記第2レンズ群が、物体側から順に、負レンズと、正レンズの2枚のレンズで構成されることを特徴とする請求項2に記載のズームレンズ。

【0194】(30) 前記第2レンズ群が、物体側から順に、負レンズと、正レンズの2枚のレンズで構成された接合レンズ成分であることを特徴とする上記(29)に記載のズームレンズ。

【0195】(31) 次の条件式を満足することを特徴とする上記(30)に記載のズームレンズ。

$$-1.6 < (R_{2f} + R_{2r}) / (R_{2f} - R_{2r}) < 0.3$$

ただし、 R_{2f} は第2レンズ群(接合レンズ成分)の最も物体側の面の光軸上での曲率半径、 R_{2r} は第2レンズ群(接合レンズ成分)の最も像側の面の光軸上での曲率半径である。

【0196】(32) 前記ズームレンズが次の条件式を満足することを特徴とする請求項1～5、上記(8)、(9)、(12)～(19)、(22)～(31)のいずれかに記載のズームレンズ。

$$1.8 < fT/fw$$

ただし、 fT は望遠端におけるズームレンズ全系の焦点距離、 fw は広角端におけるズームレンズ全系の焦点距離である。

【0197】(33) 前記電子撮像装置における広角端全画角が55度以上を有することを特徴とする請求項6、上記(7)、(10)、(11)、(20)、(21)のいずれかに記載の電子撮像装置。

【0198】(34) 前記電子撮像装置における広角端全画角が80度以下であることを特徴とする上記(33)に記載の電子撮像装置。

【0199】

【発明の効果】本発明によれば、極力物体側にミラーなど反射光学素子を挿入して光学系特にズームレンズ系の光路（光軸）を折り曲げる構成とし、さらに諸々の条件式等を満たすように構成したので、ズーム比、画角、F値、少ない収差など高い光学仕様性能を確保しながらも、沈胴式鏡筒に見られるようなカメラの使用状態への立ち上げ時間（レンズのせり出し時間）がなく、防水・防塵上も好ましく、また、奥行き方向が極めて薄いカメラを実現することができる。加えて、沈胴式鏡筒に適したズームレンズなど他のズーム光学系と異なり、今後、撮像素子の小型化が進んだ場合に、その小形化された撮像素子を使用する場合におけるカメラのさらなる小型化、薄型化を有利に進めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第1実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。

【図2】第1実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【図3】第1実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、広角端での状態を示している。

【図4】第1実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、中間での状態を示している。

【図5】第1実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、望遠端での状態を示している。

【図6】本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第2実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。

【図7】第2実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【図8】本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第3実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。

【図9】第3実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【図10】第3実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率

色収差を示す図であり、広角端での状態を示している。

【図11】第3実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、中間での状態を示している。

【図12】第3実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、望遠端での状態を示している。

【図13】本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第4実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。

【図14】第4実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【図15】第4実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、広角端での状態を示している。

【図16】第4実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、中間での状態を示している。

【図17】第4実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、望遠端での状態を示している。

【図18】本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第5実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。

【図19】第5実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【図20】本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第6実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。

【図21】第6実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【図22】本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第7実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。

【図23】第7実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【図24】本発明の各実施例に用いる電子撮像素子の画素配列の一例を示す説明図である。

【図 25】近赤外シャープカットコートの一例の透過率特性を示すグラフである。

【図 26】近赤外カットコートを施した CCD カバーガラス CG の射出面側、もしくは、近赤外カットコートを施した他のレンズの射出面側に設ける色フィルターの一例の透過率特性を示すグラフである。

【図 27】補色モザイクフィルターの色フィルター配置を示す図である。

【図 28】補色モザイクフィルターの波長特性の一例を示すグラフである。

【図 29】本発明の各実施例にかかる電子撮像装置に用いる絞り S の変形例を示す説明図である。

【図 30】本発明の各実施例にかかる電子撮像装置に用いる光量調節手段の一例を示す説明図である。

【図 31】図 30 に示した光量調節手段を本発明に適用した状態の具体例を示す斜視図である。

【図 32】本発明の各実施例にかかる電子撮像装置に適用可能な光量調節手段の他の例を示す説明図である。

【図 33】本発明の各実施例にかかる電子撮像装置に適用可能な光量調節手段のさらに他の例を示す説明図である。

【図 34】本発明の各実施例にかかる電子撮像装置に適用可能な受光時間を調節するフォーカルプレーンシャッターの 1 つであるロータリーフォーカルプレーンシャッターの一例を示す概略構成図であり、(a) は裏面図、(b) は表面図である。

【図 35】(a) ~ (d) は図 34 に示したロータリーシャッター幕 B が回転する様子を像面側からみた図である。

【図 36】本発明のズームレンズの折り曲げ用の反射面を持つ反射光学素子として適用可能な可変形状鏡 409 の一実施例を示す概略構成図である。

【図 37】図 36 の実施例の可変形状鏡に用いる電極の一形態を示す説明図である。

【図 38】図 36 の実施例の可変形状鏡に用いる電極の他の形態を示す説明図である。

【図 39】本発明のズームレンズの折り曲げ用の反射面を持つ反射光学素子として適用可能な可変形状鏡 409 のさらに他の実施例を示す概略構成図である。

【図 40】本発明のズームレンズの折り曲げ用の反射面を持つ反射光学素子として適用可能な可変形状鏡 409 のさらに他の実施例を示す概略構成図である。

【図 41】本発明のズームレンズの折り曲げ用の反射面を持つ反射光学素子として適用可能な可変形状鏡 409 のさらに他の実施例を示す概略構成図である。

【図 42】図 41 の実施例における薄膜コイル 427 の巻密度の状態を示す説明図である。

【図 43】本発明のズームレンズの折り曲げ用の反射面を持つ反射光学素子として適用可能な可変形状鏡 409 のさらに他の実施例を示す概略構成図である。

【図 44】図 43 の実施例におけるコイル 427 の一配

置例を示す説明図である。

【図 45】図 43 の実施例におけるコイル 427 の他の配置例を示す説明図である。

【図 46】図 41 に示した実施例において、コイル 427 の配置を図 45 に示したようにした場合に適する永久磁石 426 の配置を示す説明図である。

【図 47】本発明のさらに他の実施例に係る、ズームレンズの折り曲げ用の反射面を持つ反射光学素子として適用可能な可変形状鏡 409 を用いた撮像系、例えば携帯電話のデジタルカメラ、カプセル内視鏡、電子内視鏡、パソコン用デジタルカメラ、PDA 用デジタルカメラ等に用いられる撮像系の概略構成図である。

【図 48】本発明による折り曲げズームレンズをデジタルカメラの撮影光学系 41 に組み込んだ構成の概念図であり、デジタルカメラ 40 の外観を示す前方斜視図である。

【図 49】図 48 に示したデジタルカメラ 40 の後方斜視図である。

【図 50】図 48 に示したデジタルカメラ 40 の構成を示す断面図である。

【図 51】本発明の折り曲げズームレンズが対物光学系として内蔵された情報処理装置の一例であるパソコン 300 のカバーを開いた前方斜視図である。

【図 52】図 51 に示したパソコン 300 の撮影光学系 303 の断面図である。

【図 53】図 51 の側面図である。

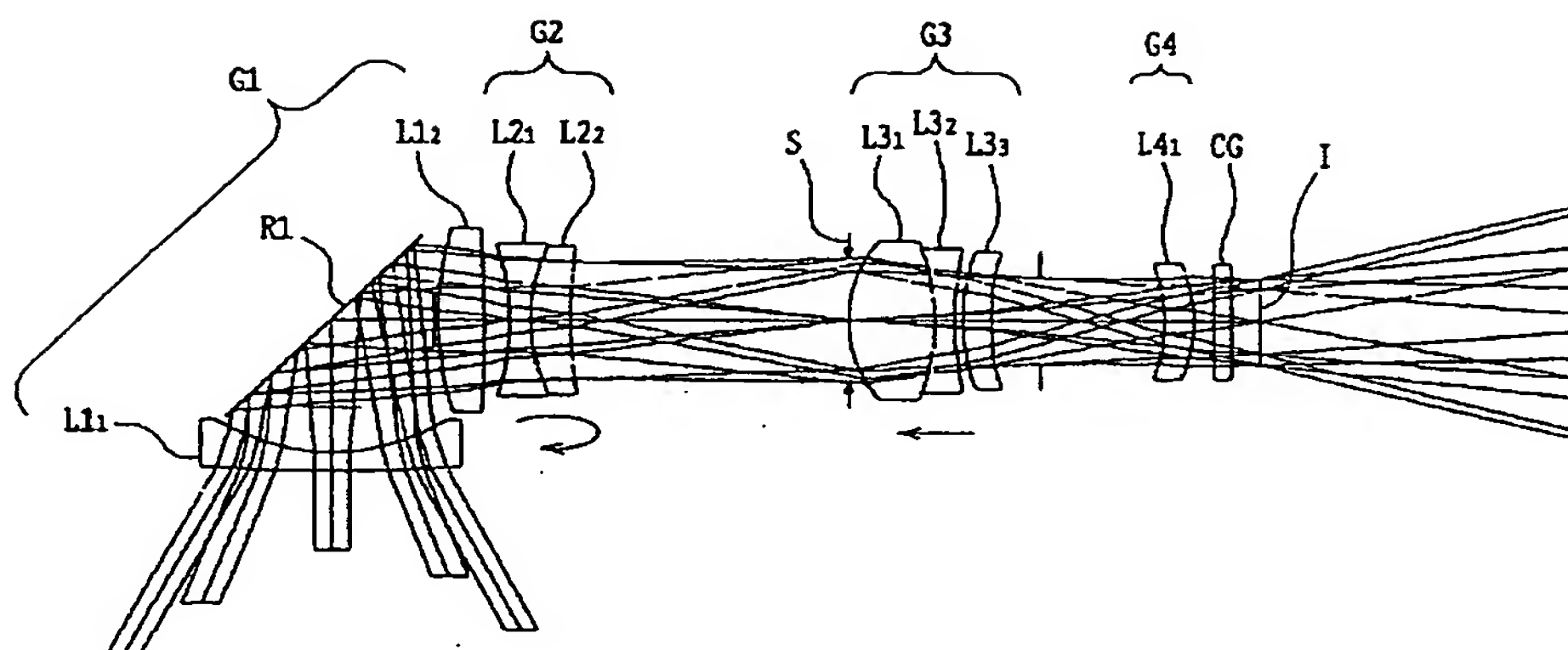
【図 54】本発明の折り曲げズームレンズが撮影光学系として内蔵された情報処理装置の一例である携帯電話を示す図であり、(a) は携帯電話 400 の正面図、(b) は (a) の側面図、(c) は撮影光学系 405 の断面図である。

【符号の説明】

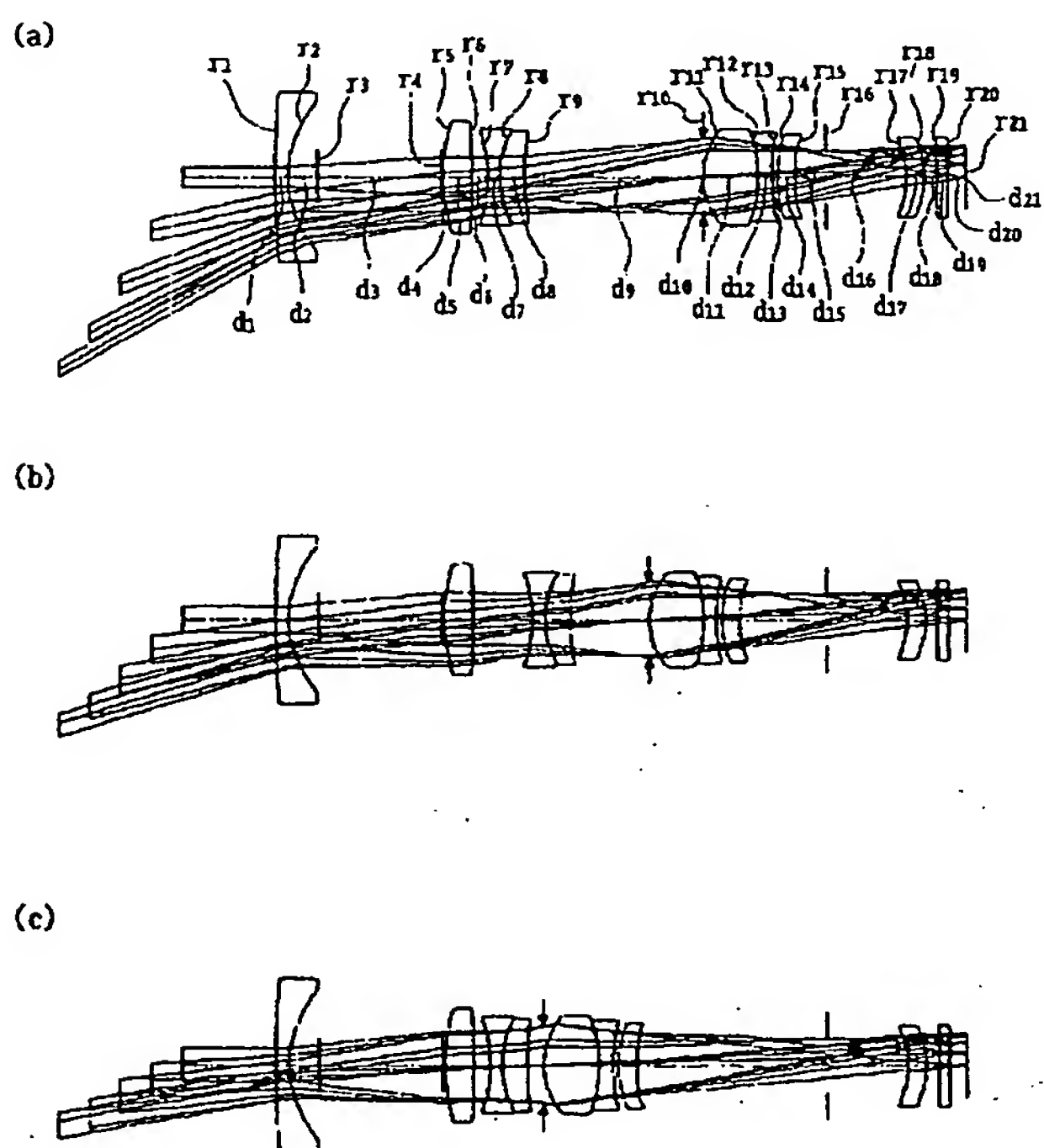
A	シャッター基板
A1	基板の開口部
B	ロータリーシャッター幕
C	ロータリーシャッター幕の回転軸
D1, D2	ギア
CG	CCD カバーガラス
E	観察者眼球
G1	第 1 レンズ群
G2	第 2 レンズ群 (第 1 移動レンズ群)
G3	第 3 レンズ群 (第 2 移動レンズ群)
G4	第 4 レンズ群
I	撮像面
L1,	物体側に凸面を向けた負メニスカスレン
ズ	
L1,	両凸正レンズ
L2,	両凹負レンズ
L2,	物体側に凸面を向けた正メニスカスレン
ズ	
L3,	両凸正レンズ

71		72	
L 3 ₂	両凹負レンズ	1 1 3	鏡枠
L 3 ₂ '	両凸正レンズ	1 1 4	カバーガラス
L 3 ₃	物体側に凸面を向けた正メニスカスレン	1 6 0	撮像ユニット
ズ		1 6 2	撮像素子チップ
L 3 ₃ '	両凹負レンズ	1 6 6	端子
L 4 ₁	物体側に凹面を向けた正メニスカスレン	3 0 0	パソコン
ズ		3 0 1	キーボード
L 4 ₁ '	両凹負レンズ	3 0 2	モニター
L 4 ₁ "	物体側に凸面を向けた負メニスカスレン	3 0 3	撮影光学系
ズ		10 3 0 4	撮影光路
L 4 ₁ "'	物体側に凸面を向けた正メニスカスレン	3 0 5	画像
ズ		4 0 0	携帯電話
L 4 ₁ " "	両凸正レンズ	4 0 1	マイク部
L 4 ₂	両凸正レンズ	4 0 2	スピーカ部
R 1	反射光学素子	4 0 3	入力ダイヤル
S	開口絞り	4 0 4	モニター
1 A, 1 B, 1 C, 1 D	開口	4 0 5	撮影光学系
1 0	ターレット	4 0 6	アンテナ
1 1	回転軸	4 0 7	撮影光路
4 0	デジタルカメラ	20 4 0 8	固体撮像素子
4 1	撮像光学系	4 0 9 b, 4 0 9 d	電極
4 2	撮影用光路	4 0 9 c - 2	電歪材料
4 3	ファインダー光学系	4 0 9	光学特性可変形状鏡
4 4	ファインダー用光路	4 0 9 a	薄膜
4 5	シャッター	4 0 9 c, 4 0 9 c'	圧電素子
4 6	フラッシュ	4 0 9 c - 1, 4 0 9 e	基板
4 7	液晶表示モニター	4 1 1	可変抵抗器
4 9	CCD	4 1 2	電源
5 0	カバー部材	4 1 3	電源スイッチ
5 1	処理手段	30 4 1 4	演算装置
5 2	記録手段	4 1 5	温度センサー
5 3	ファインダー用対物光学系	4 1 6	湿度センサー
5 5	ポロプリズム	4 1 7	距離センサー
5 7	視野枠	4 2 3	支持台
5 9	接眼光学系	4 2 4	振れセンサー
1 0 3	制御系	4 2 5, 4 2 8	駆動回路
1 0 4	撮像ユニット	4 2 6	永久磁石
1 1 2	対物レンズ	4 2 7	コイル

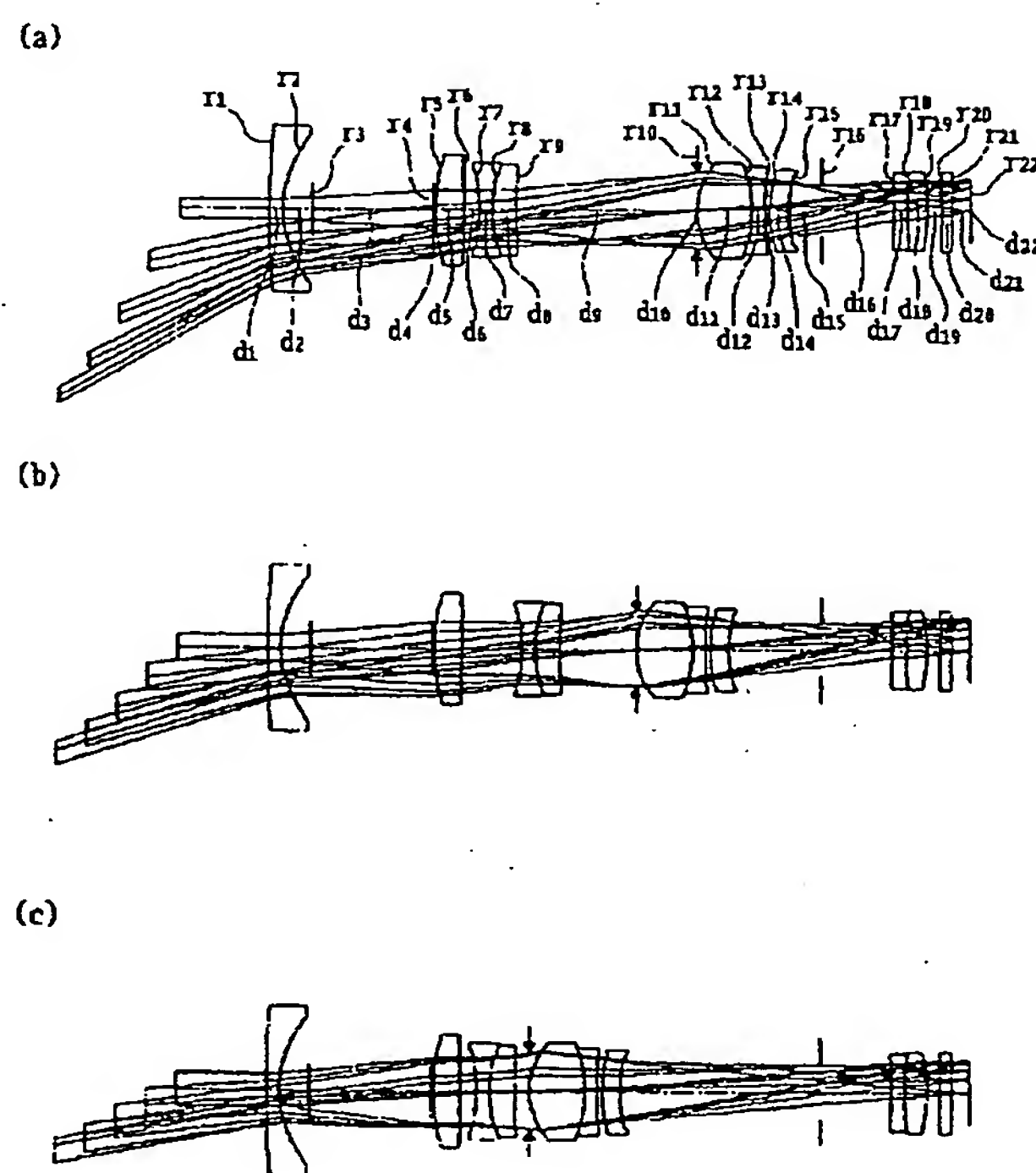
【図 1】



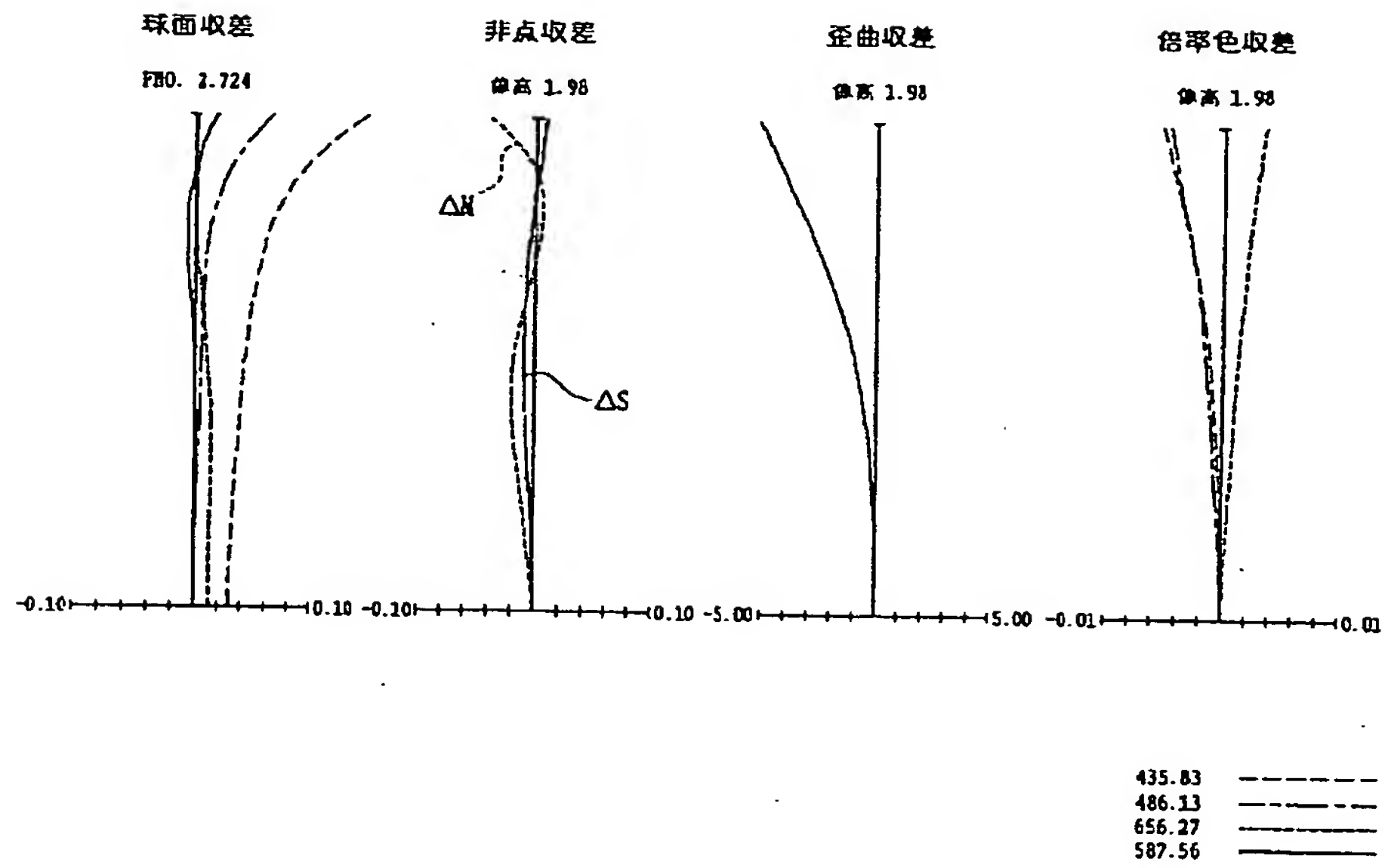
【図 2】



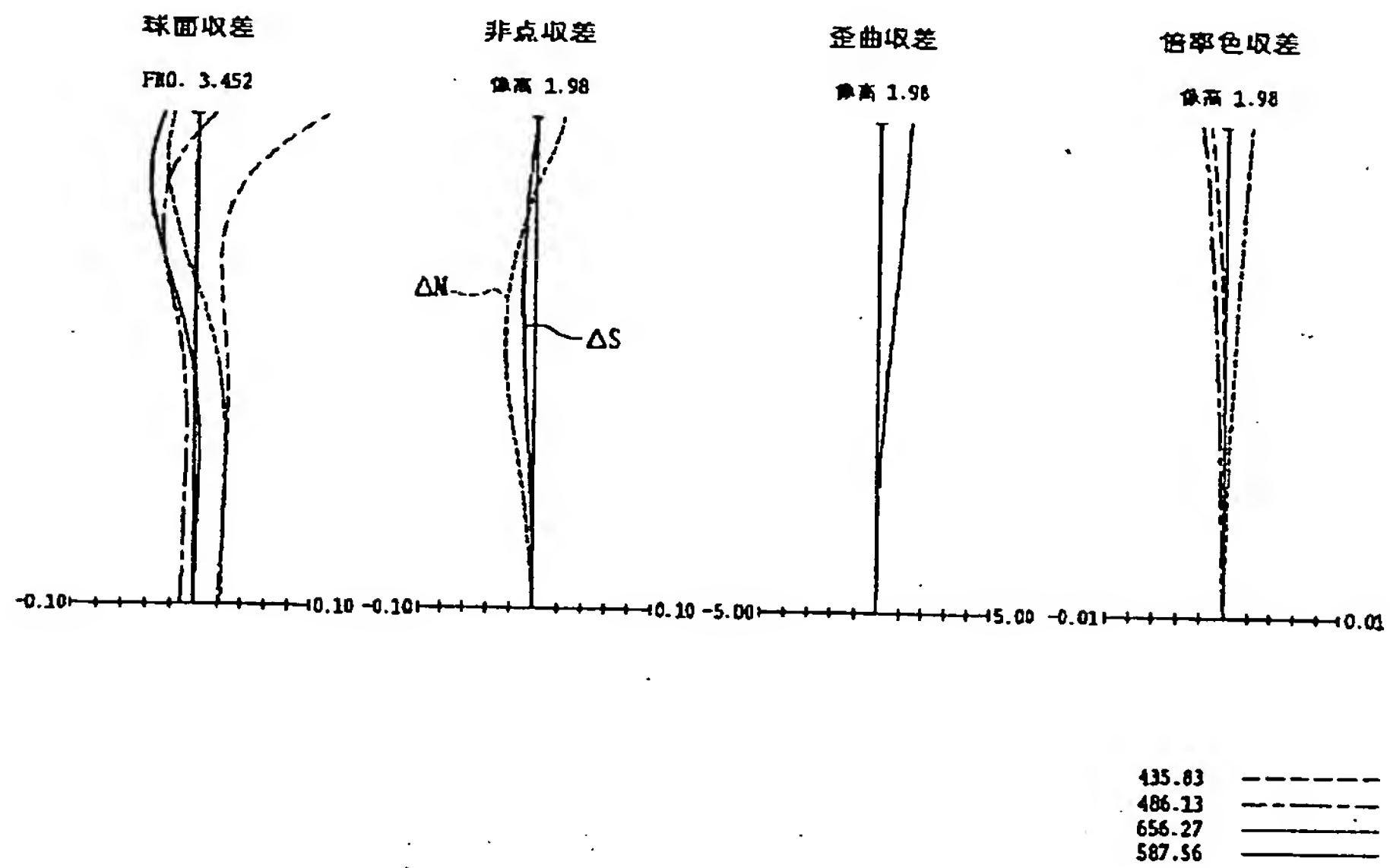
【図 7】



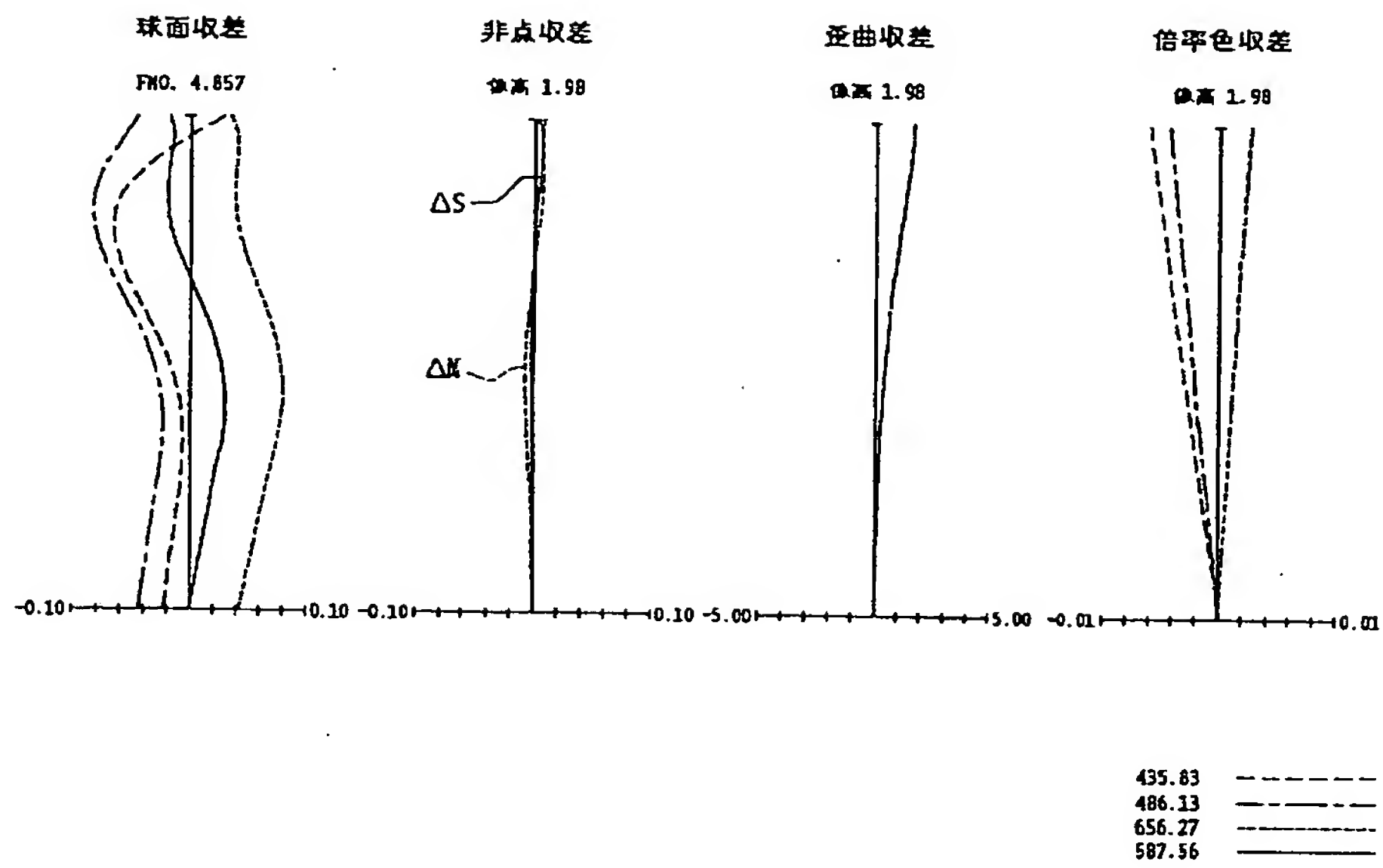
【図 3】



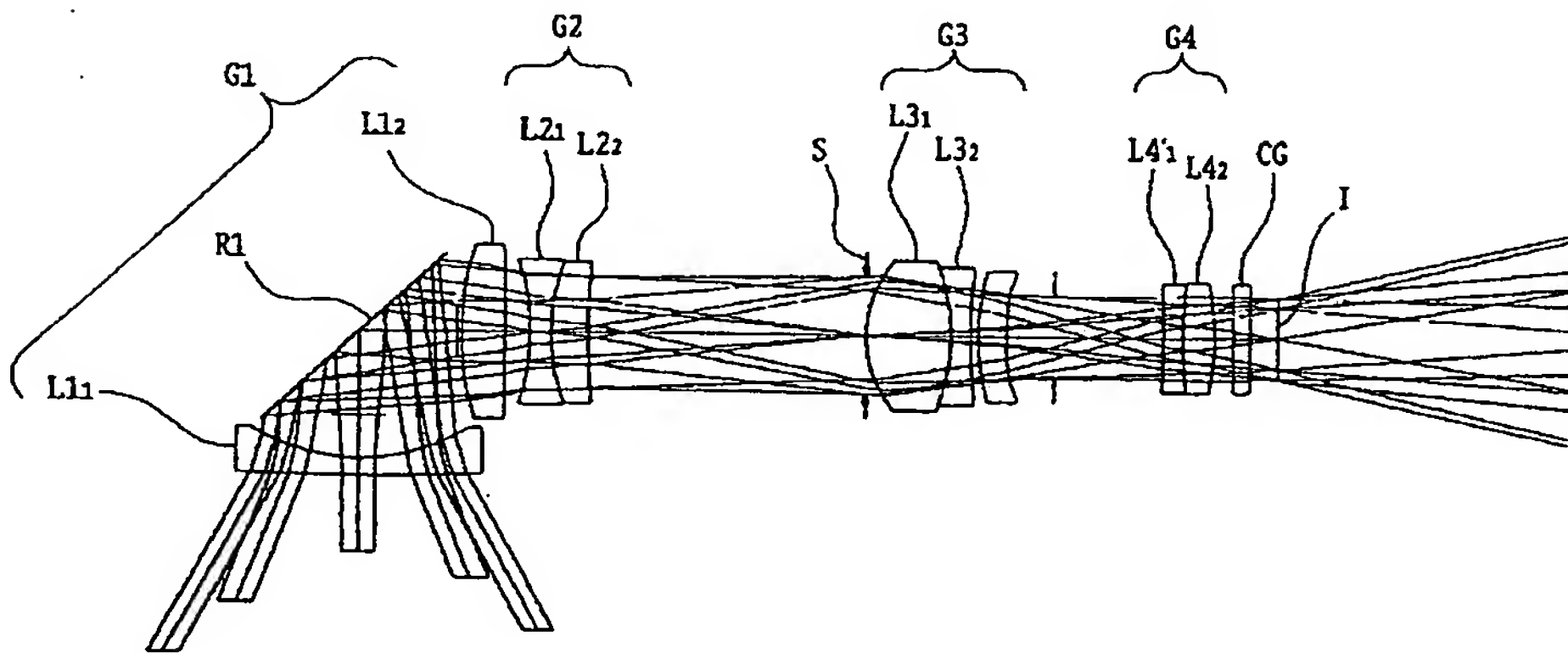
【図 4】



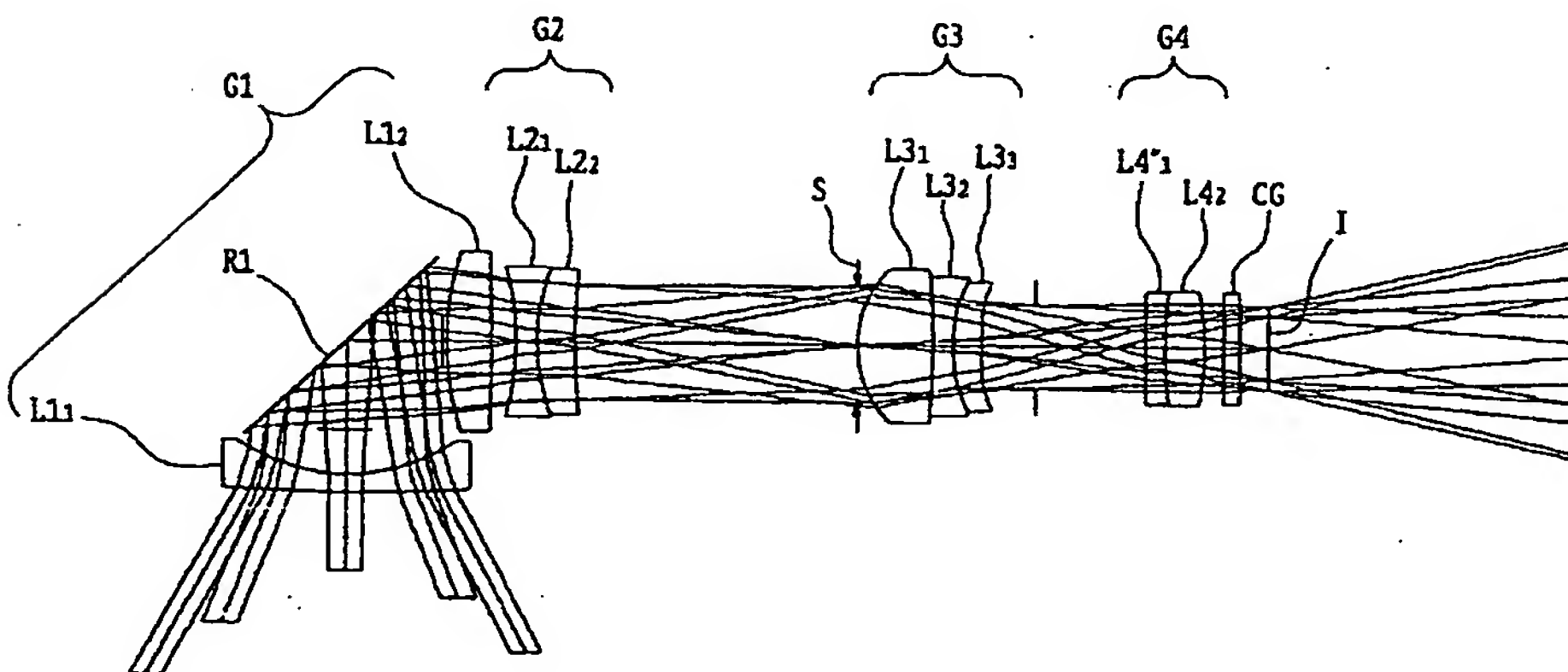
【図 5】



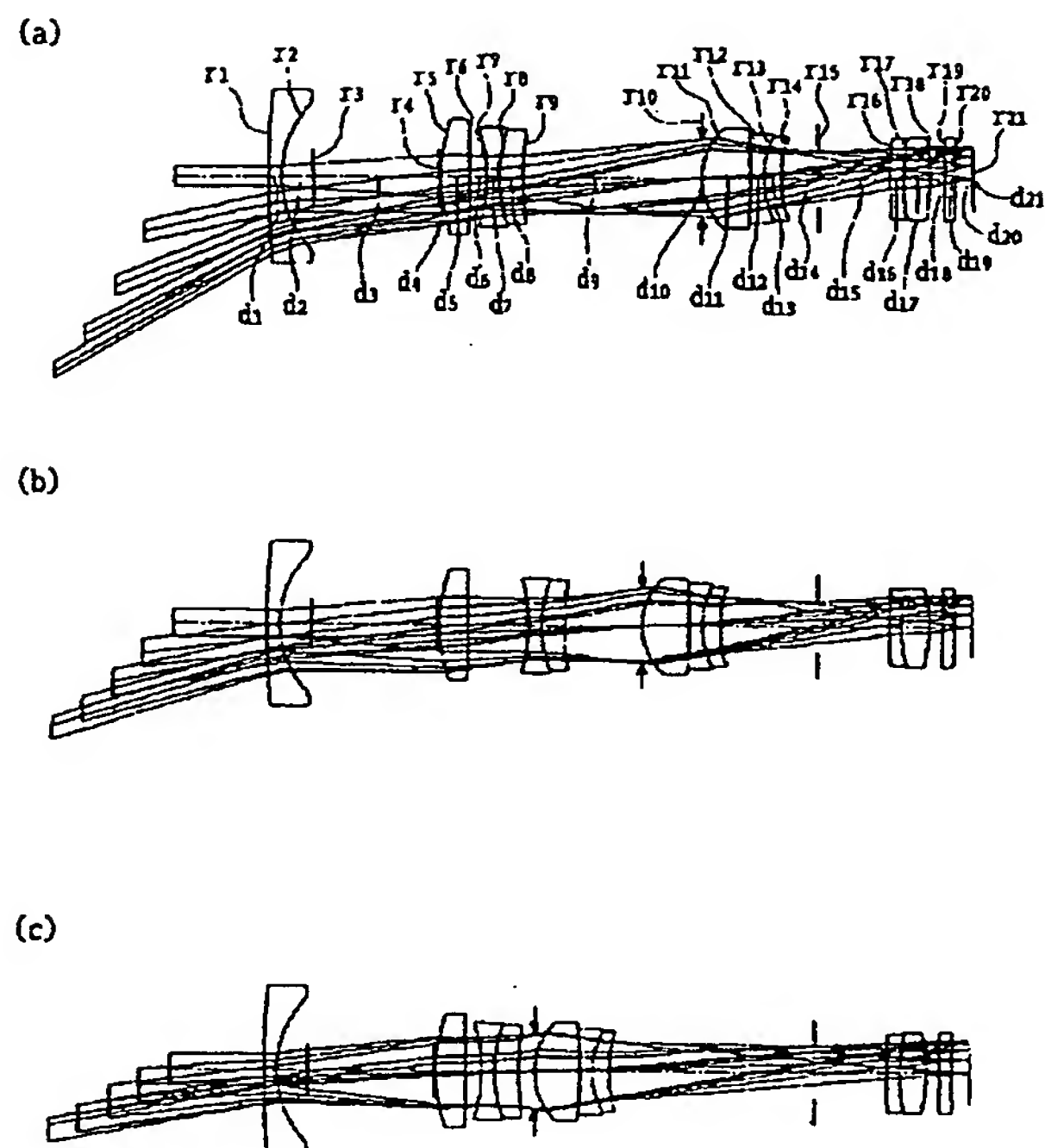
【図 6】



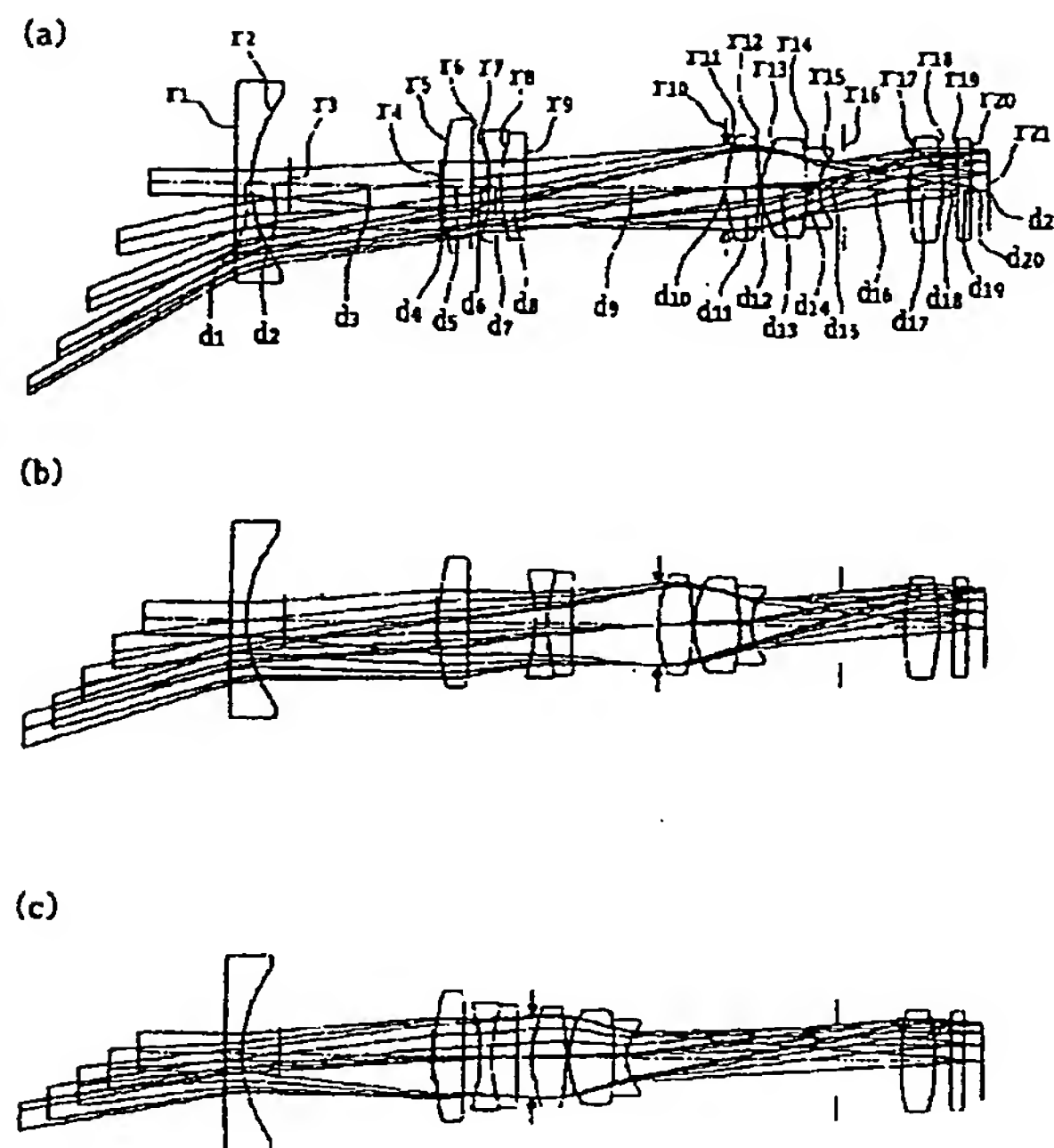
【図 8】



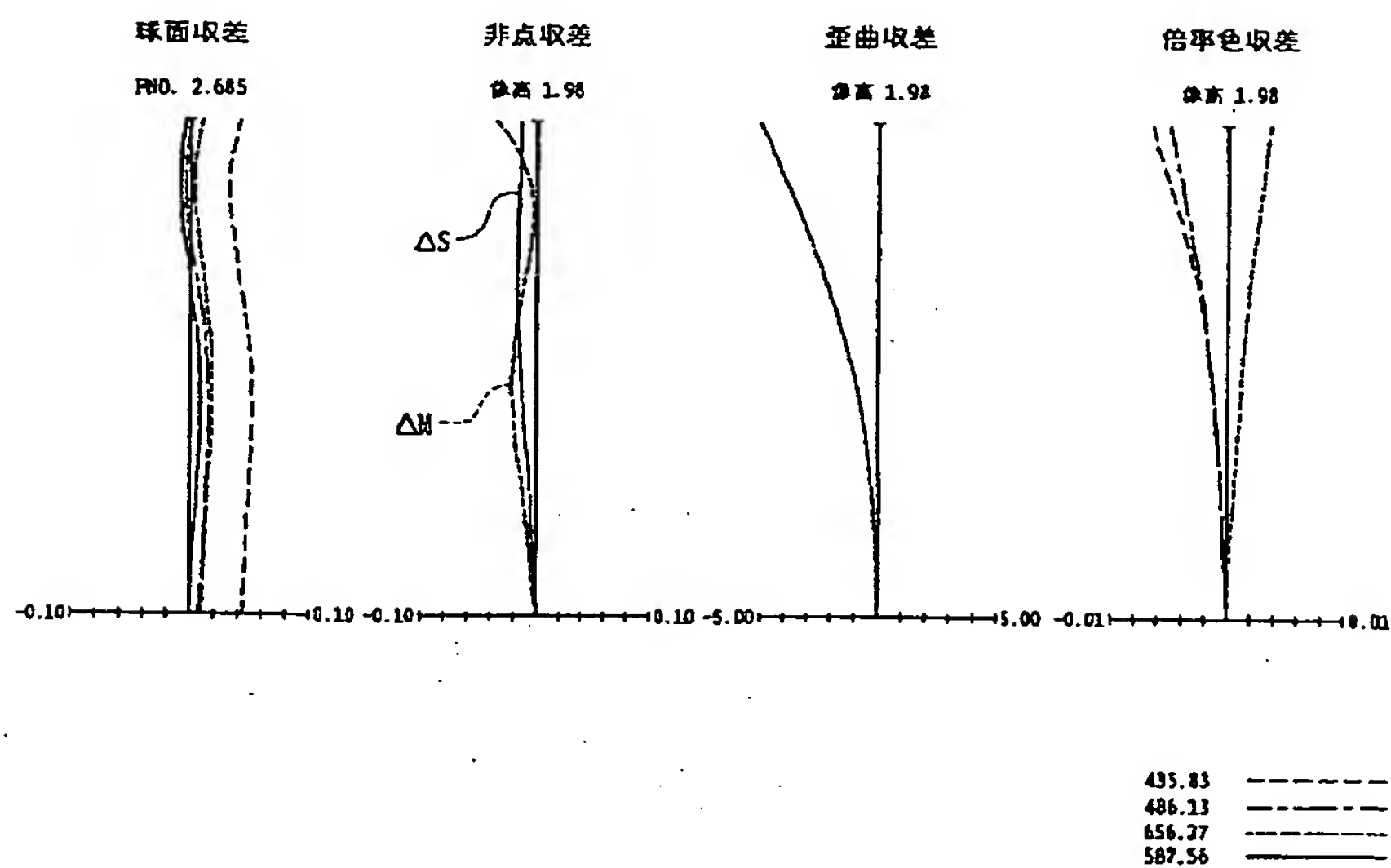
【図 9】



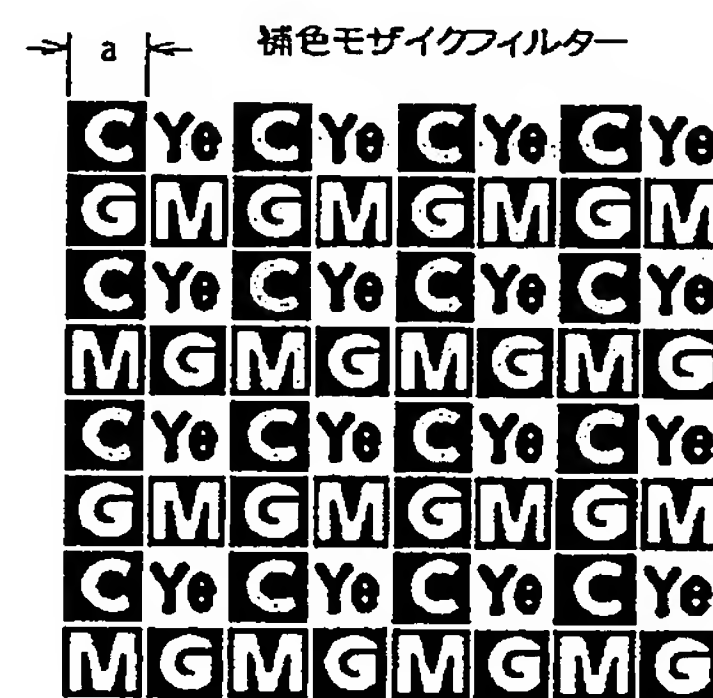
【図 21】



【図 10】

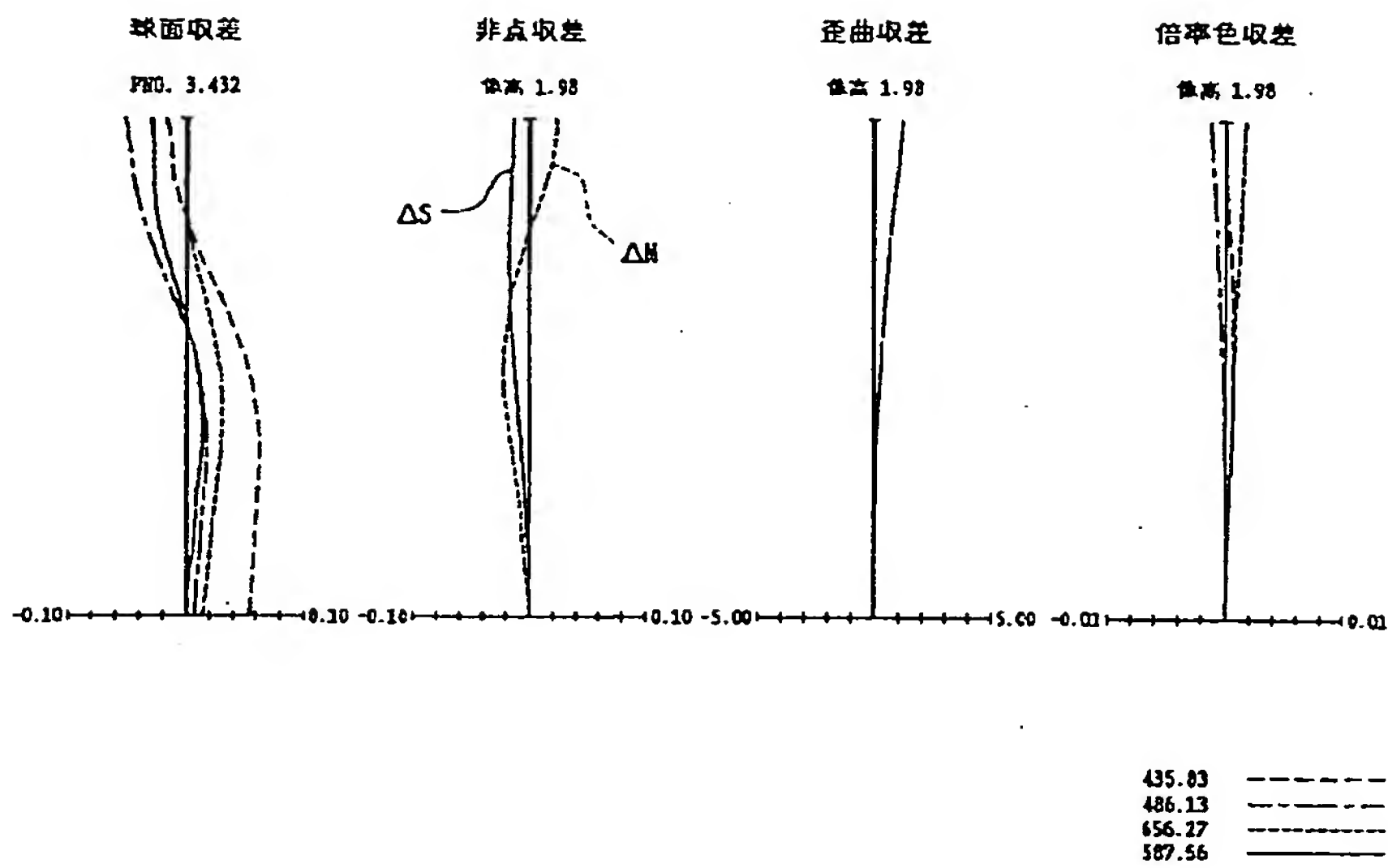


【図 27】

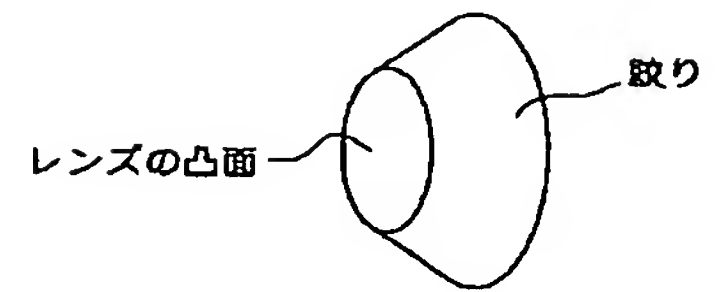


C : シアン M : マゼンタ
Ye : イエロー G : 緑

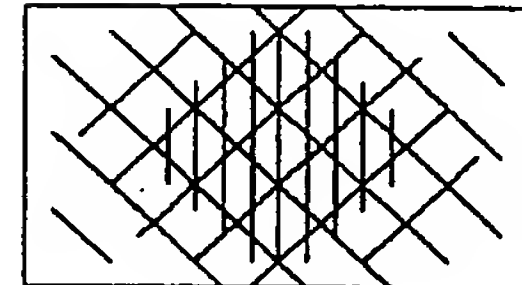
【図11】



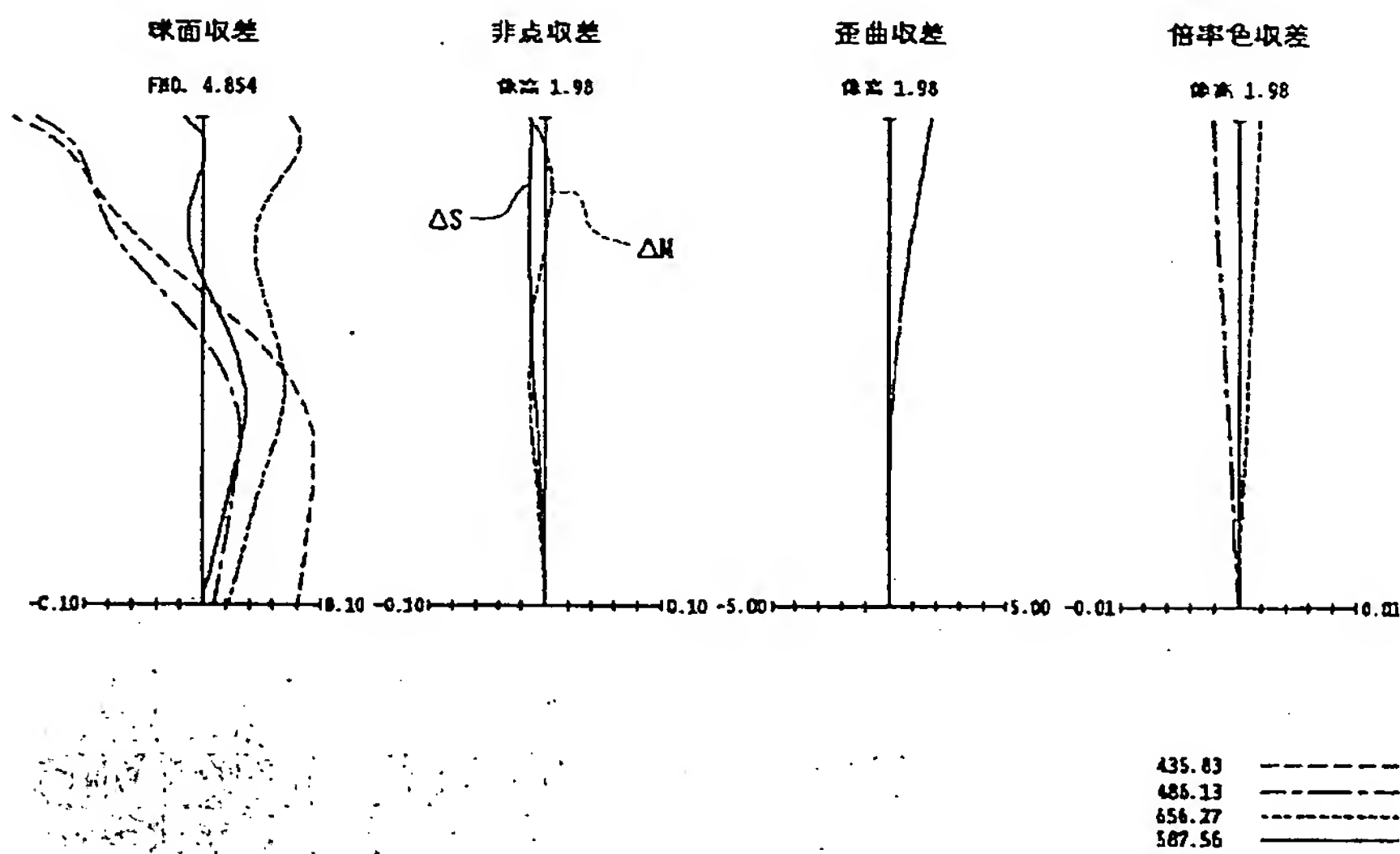
【図29】



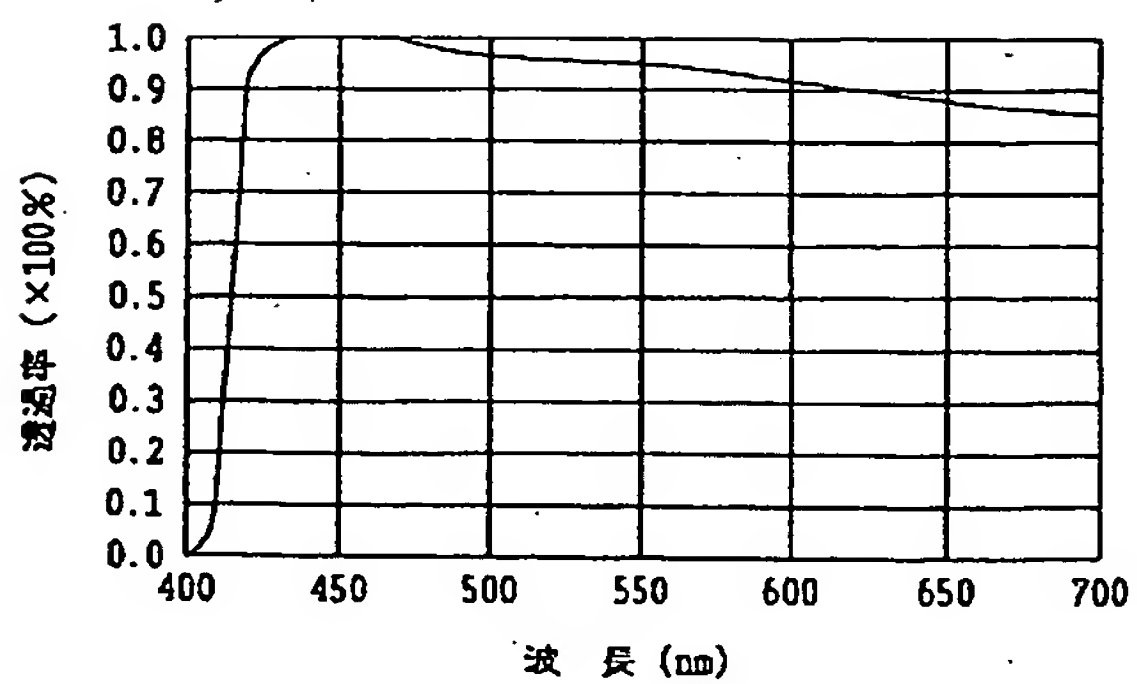
【図32】



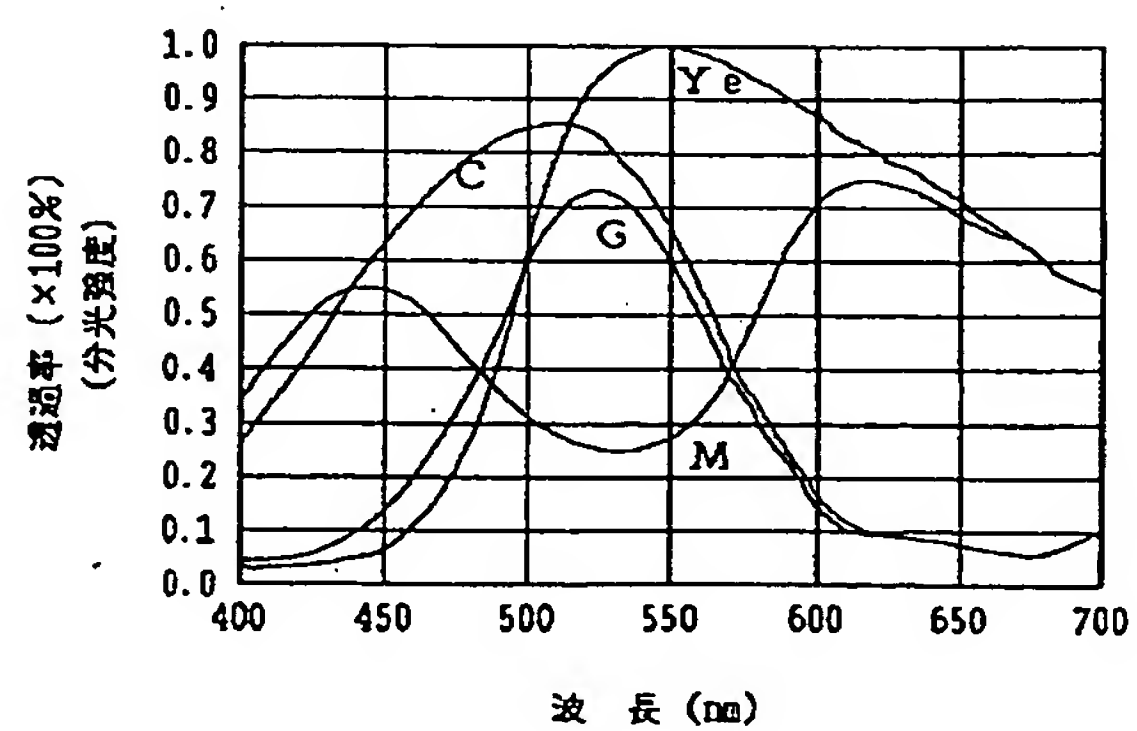
【図12】



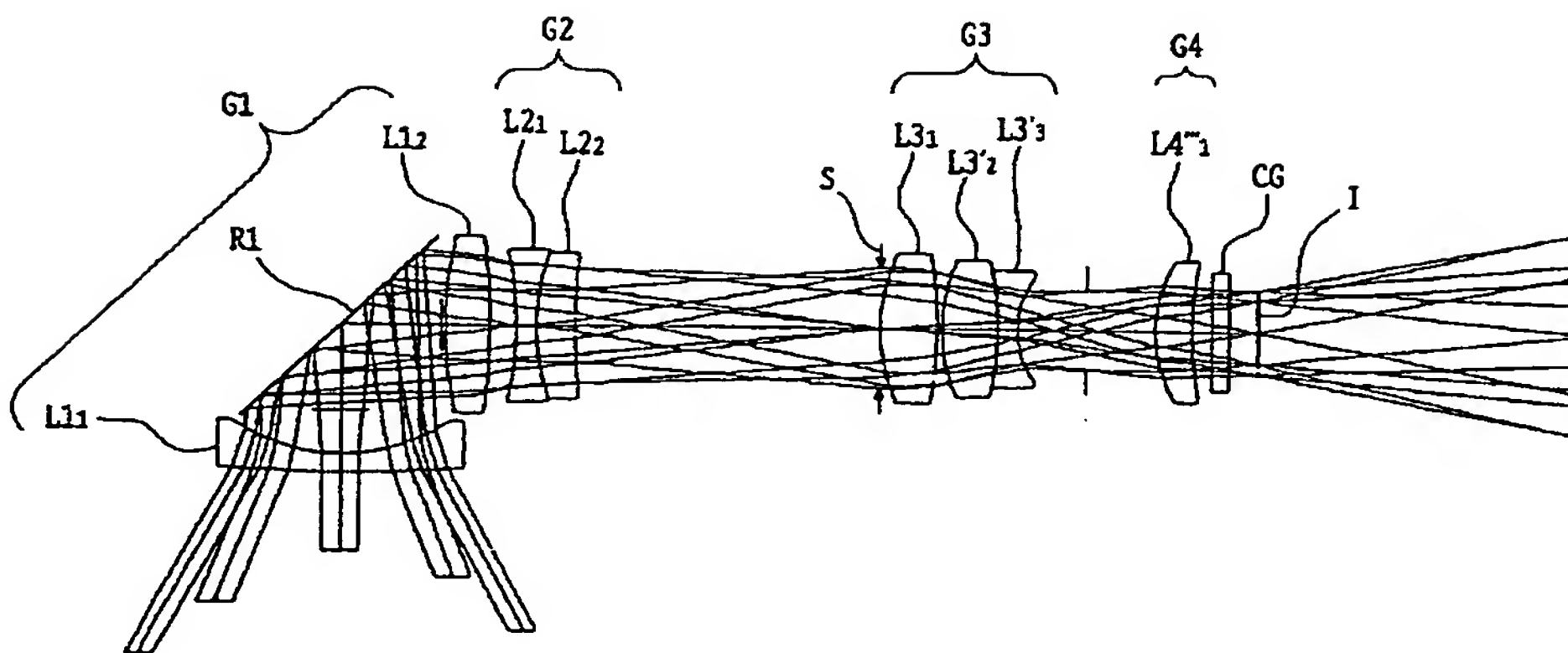
【図26】



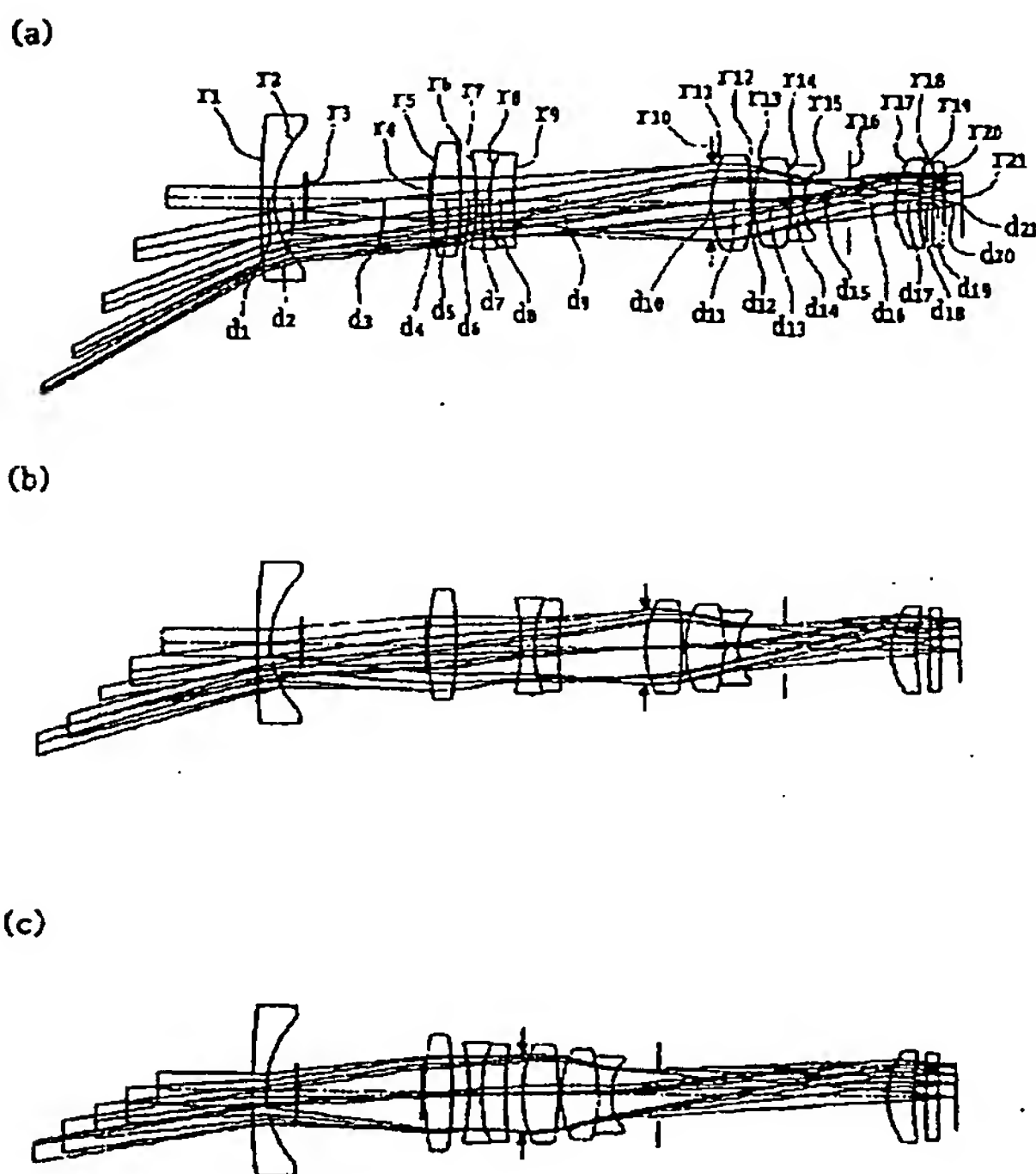
【図28】



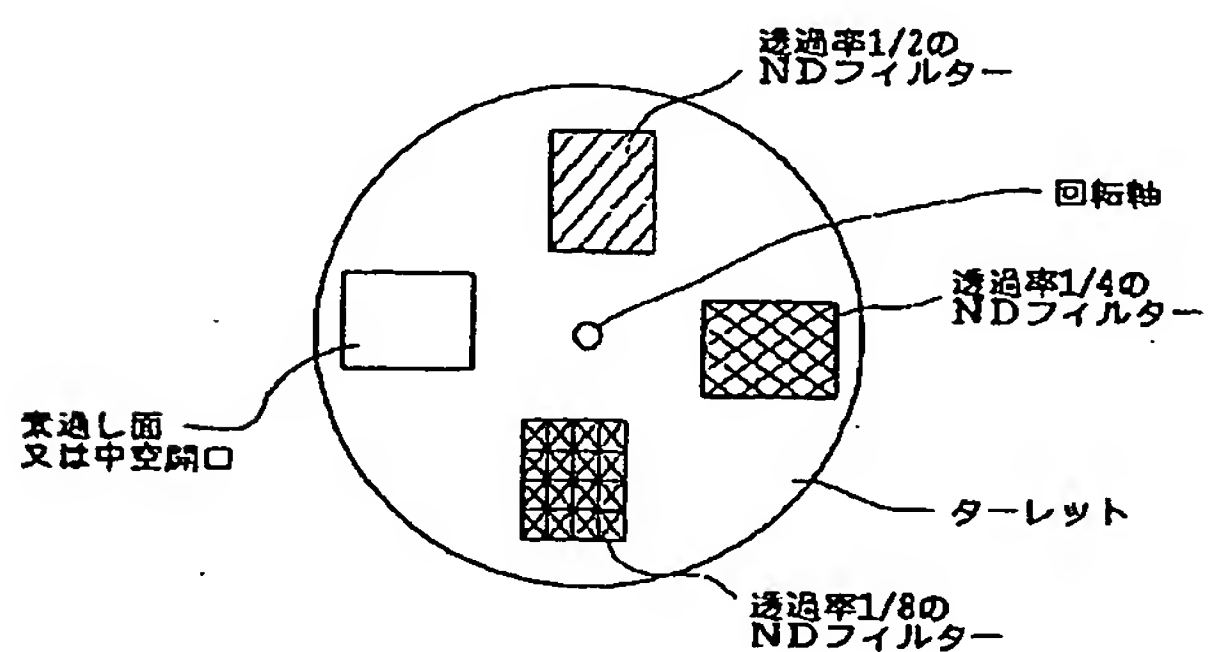
【図13】



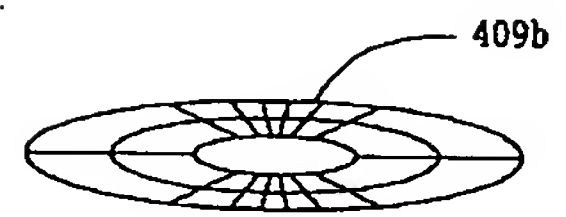
【図14】



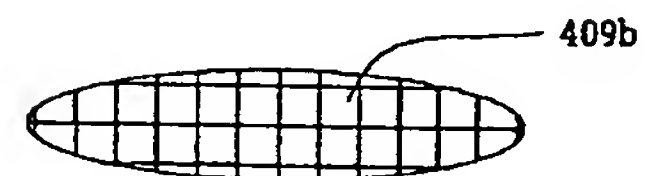
【図30】



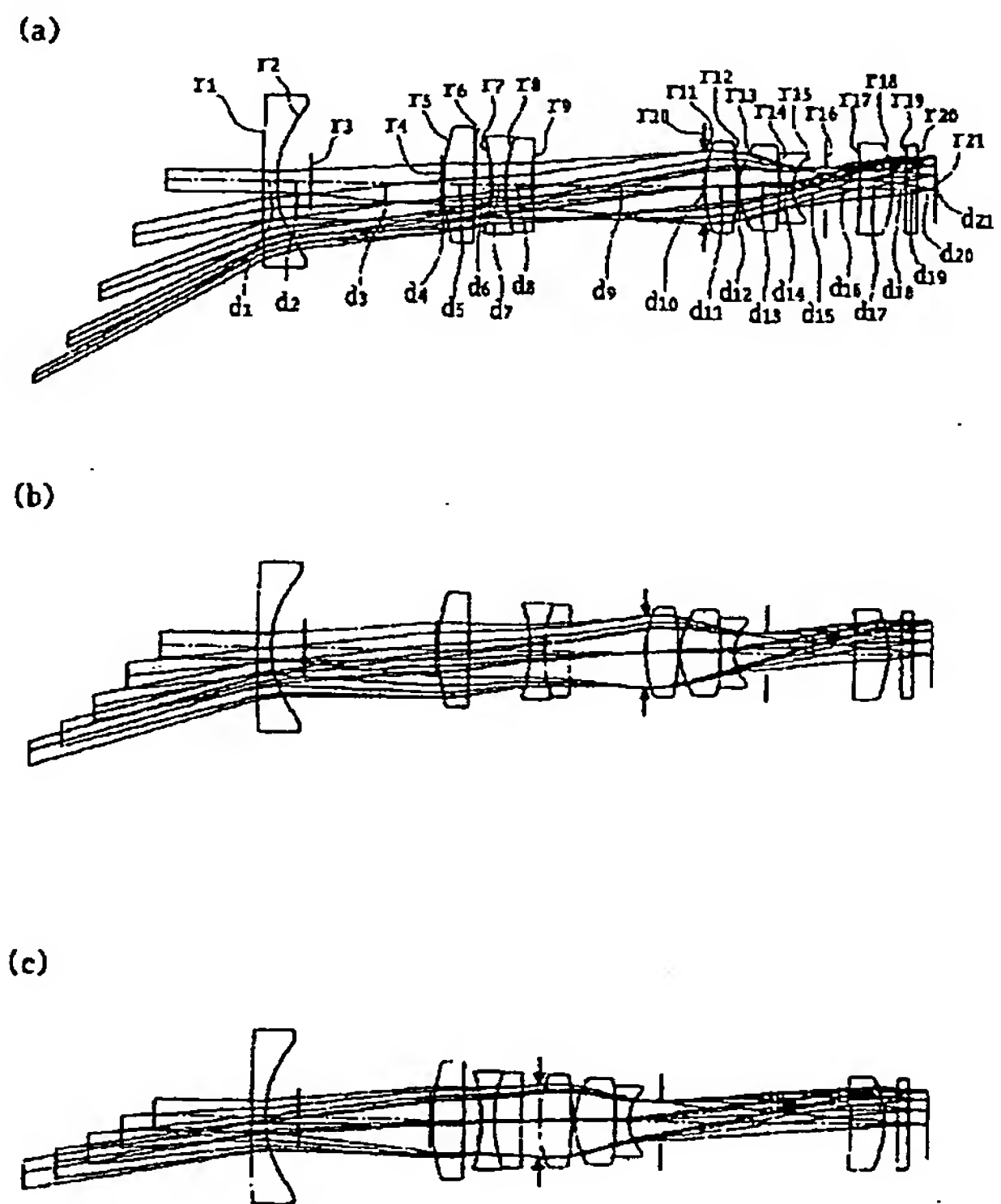
【図37】



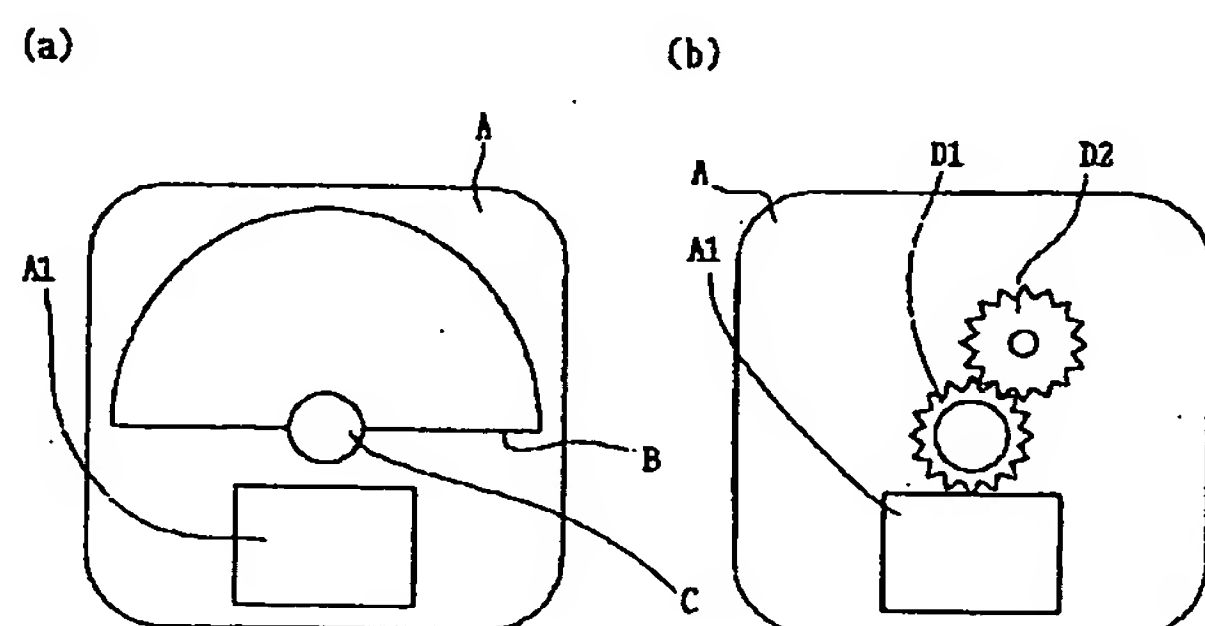
【図38】



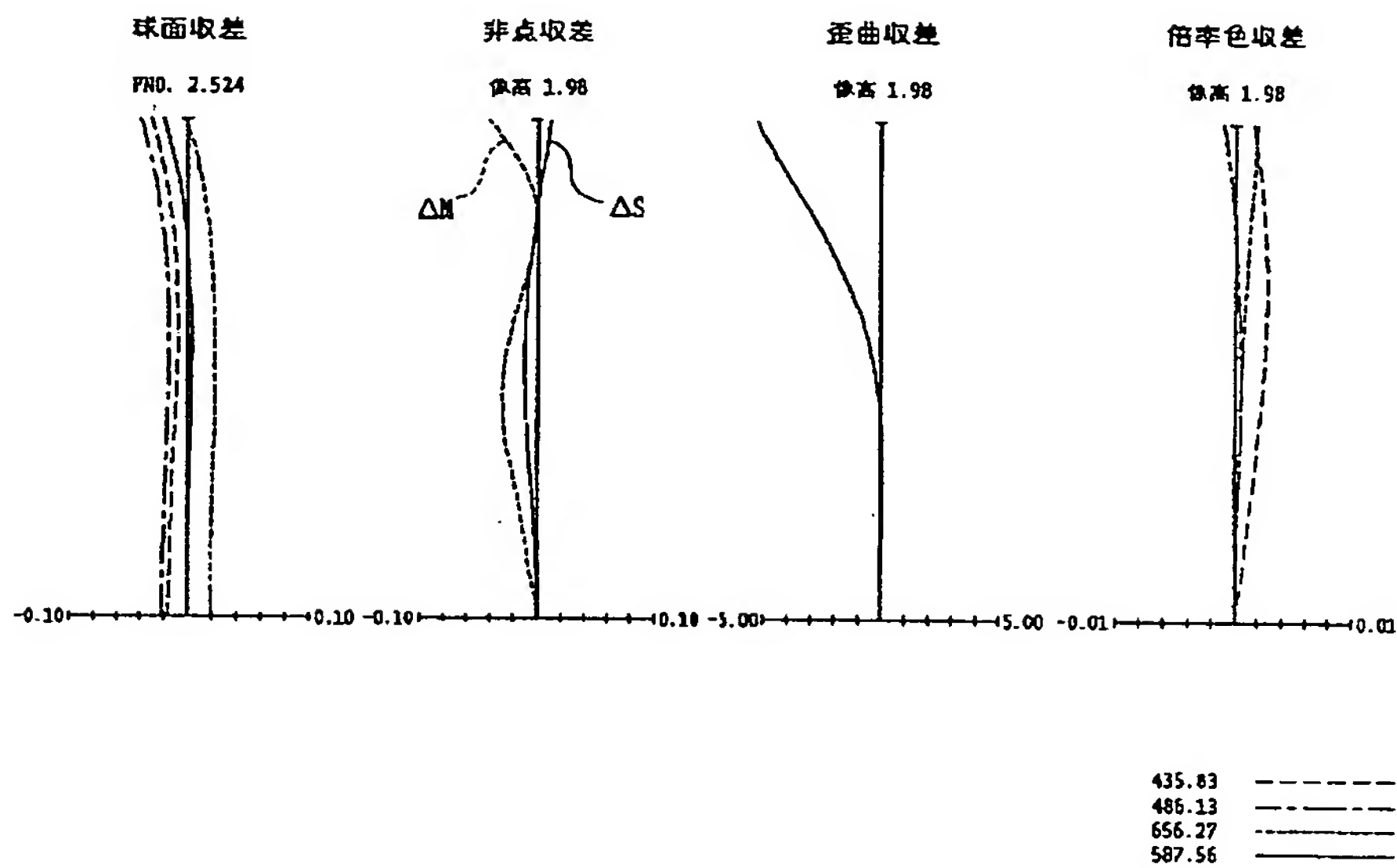
【図19】



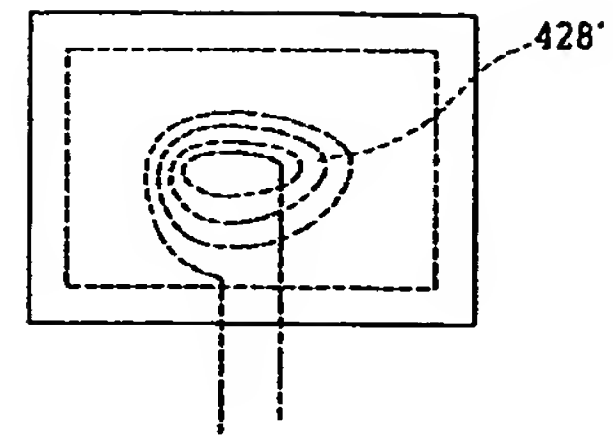
【図34】



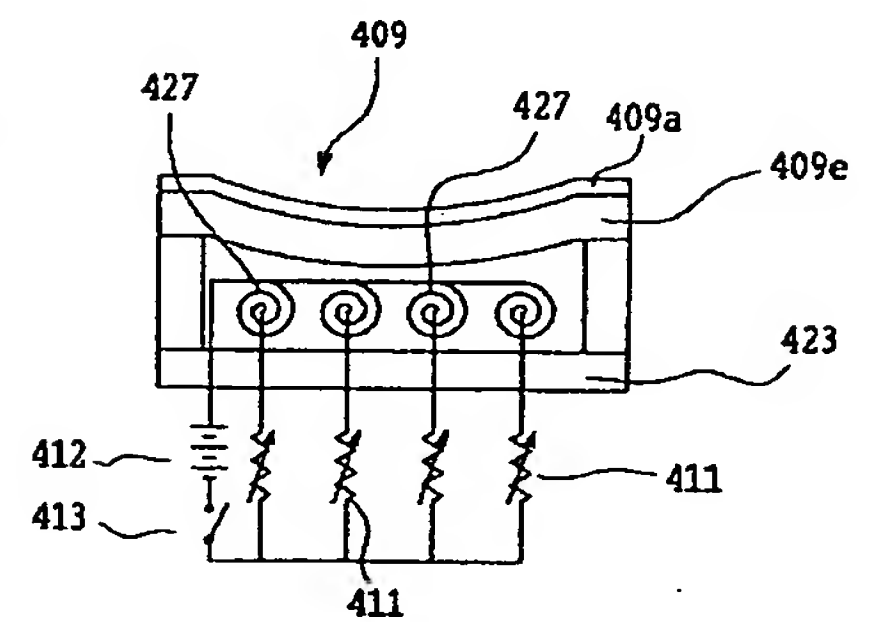
【図 15】



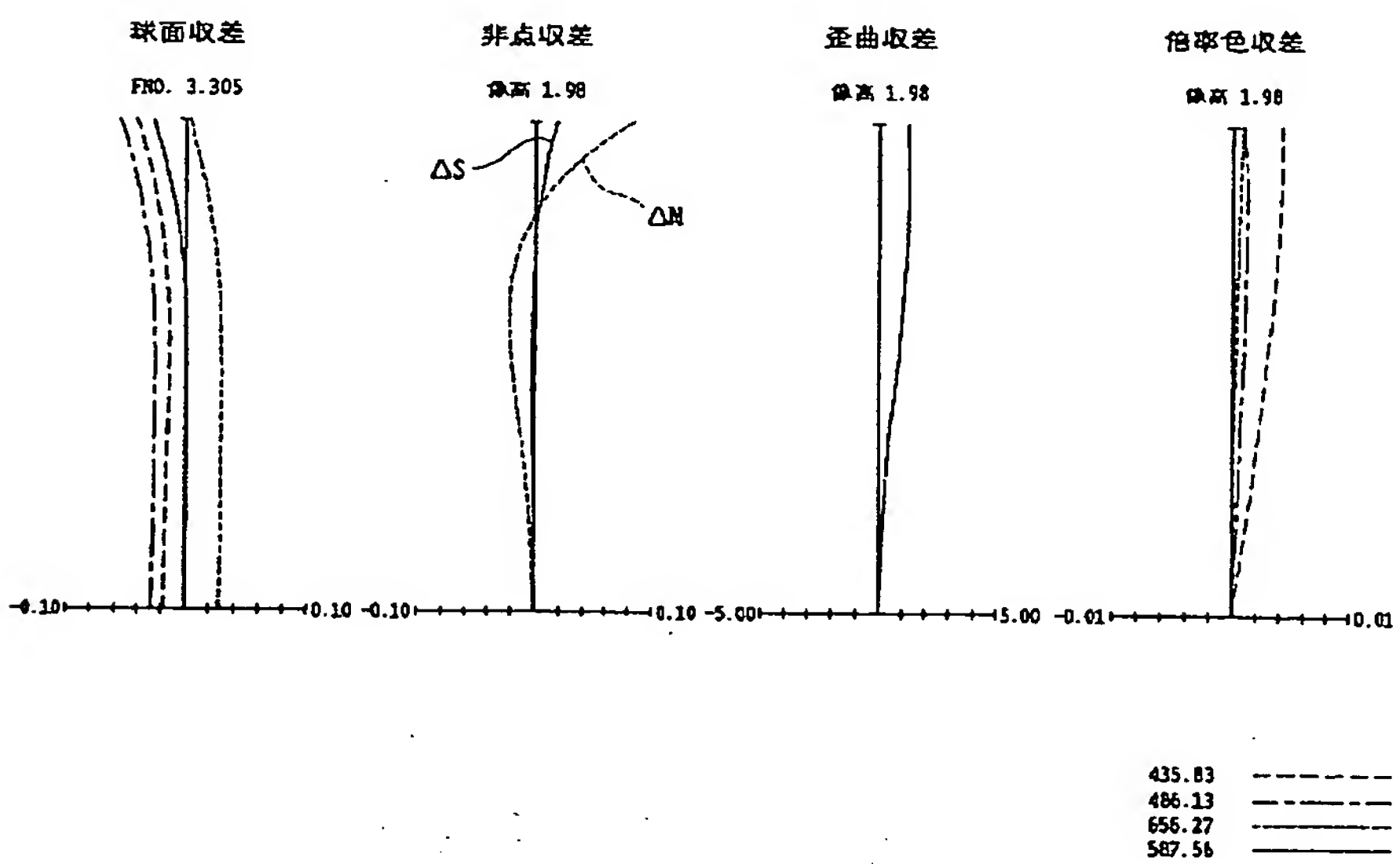
【図 42】



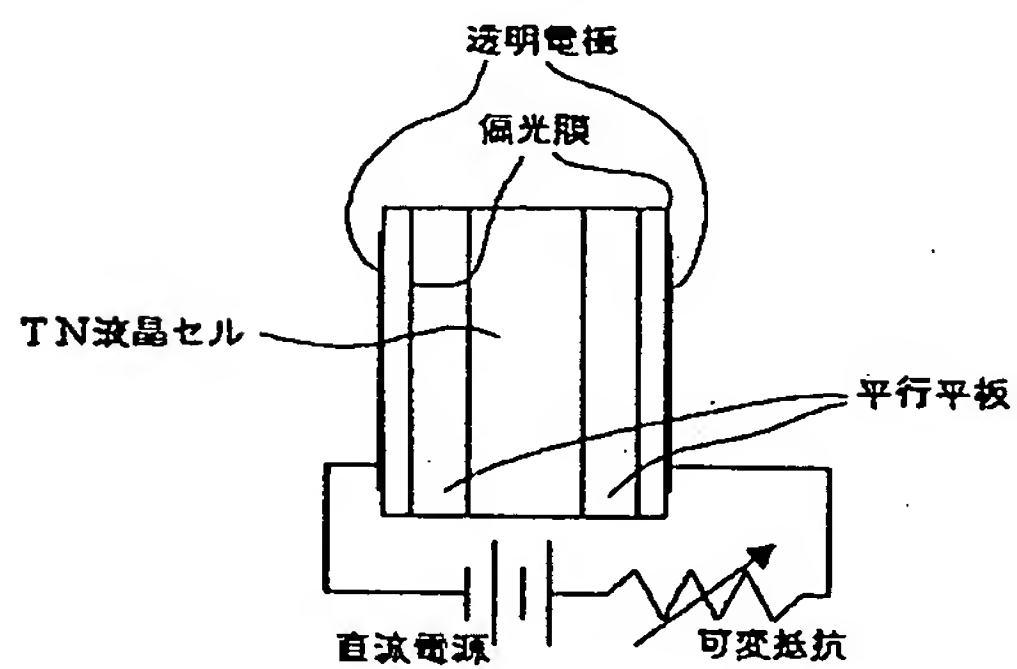
【図 43】



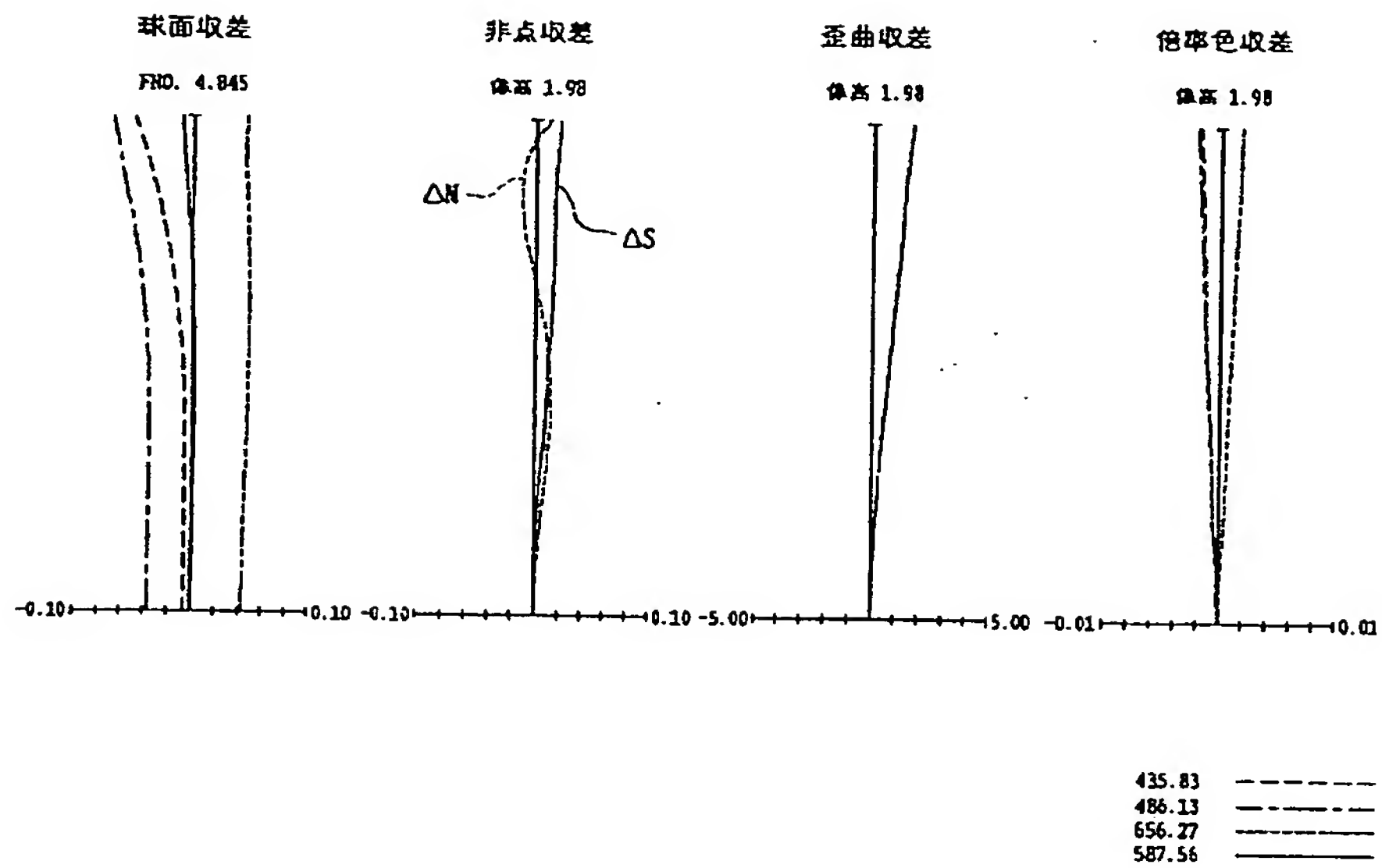
【図 16】



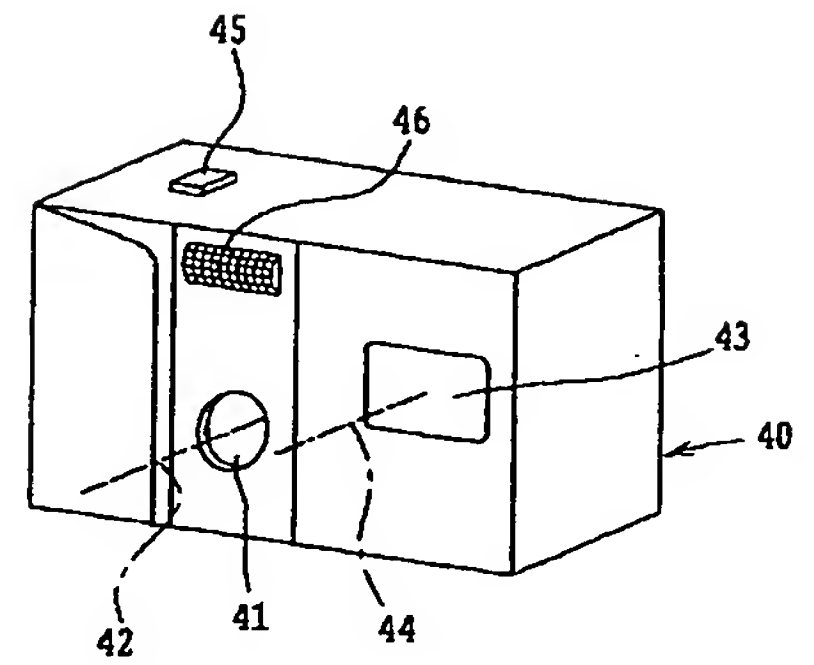
【図 33】



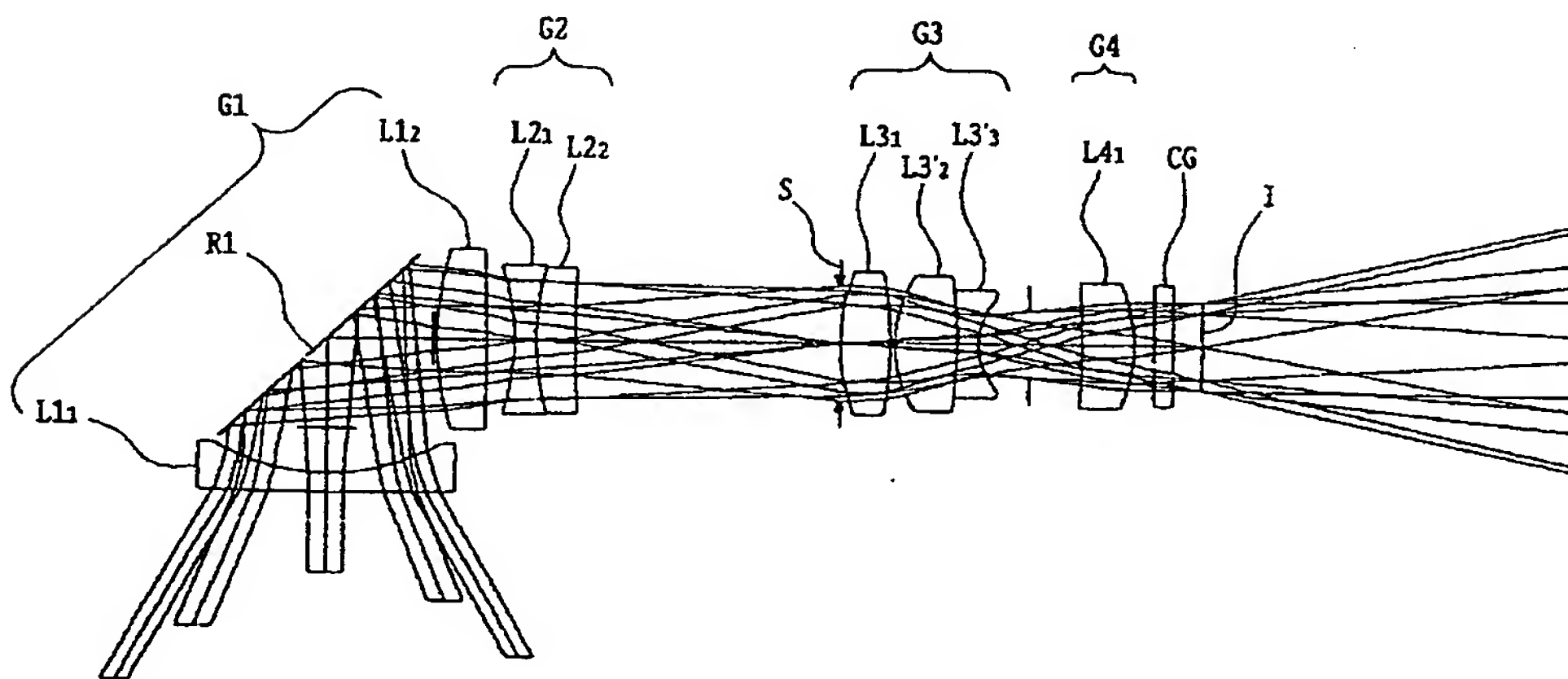
【図 17】



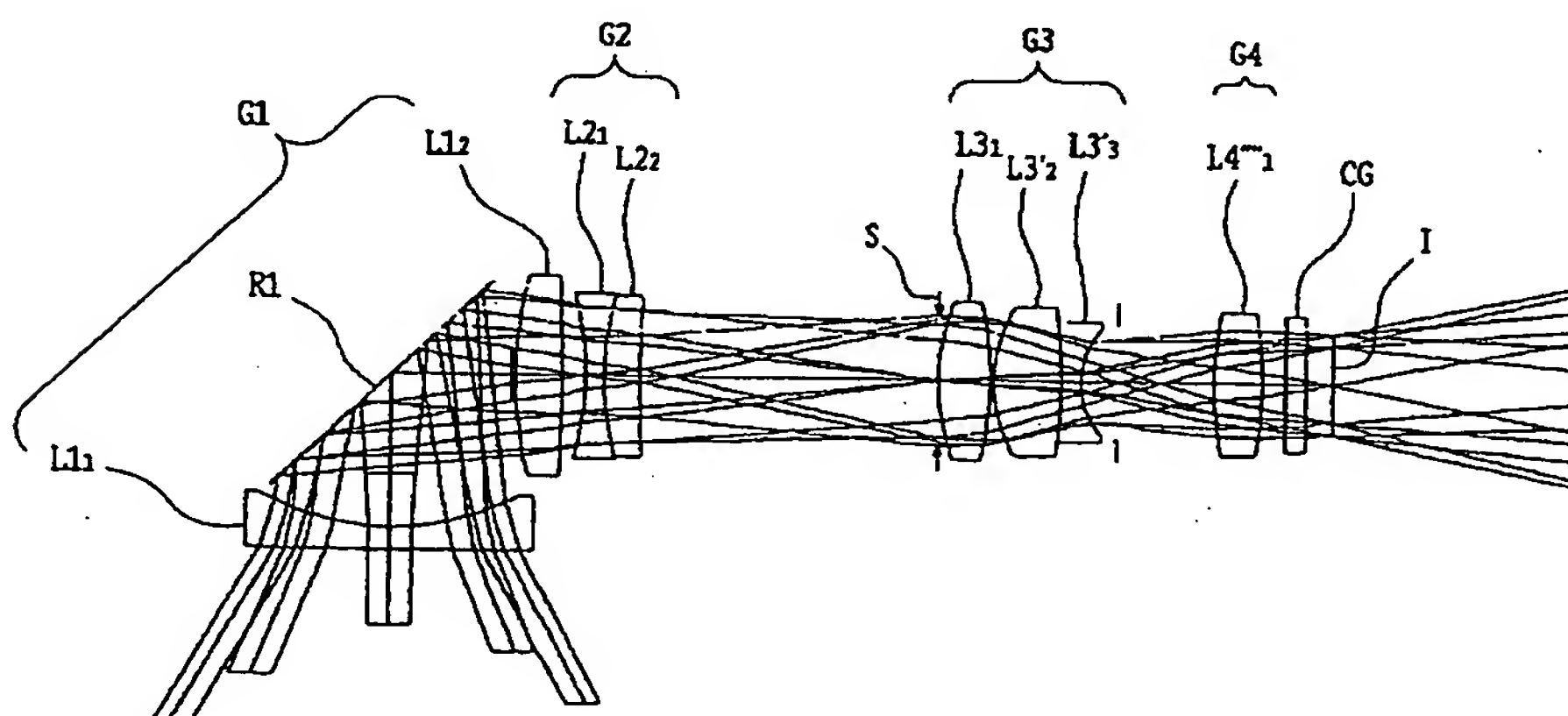
【図 48】



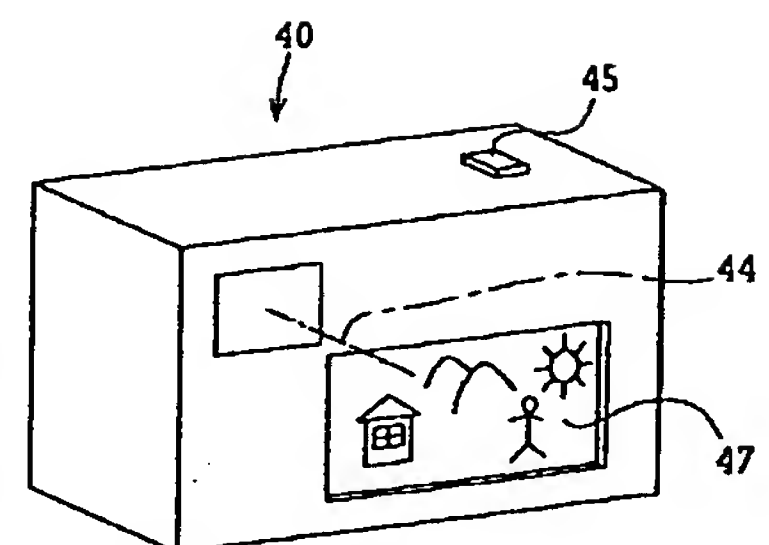
【図 18】



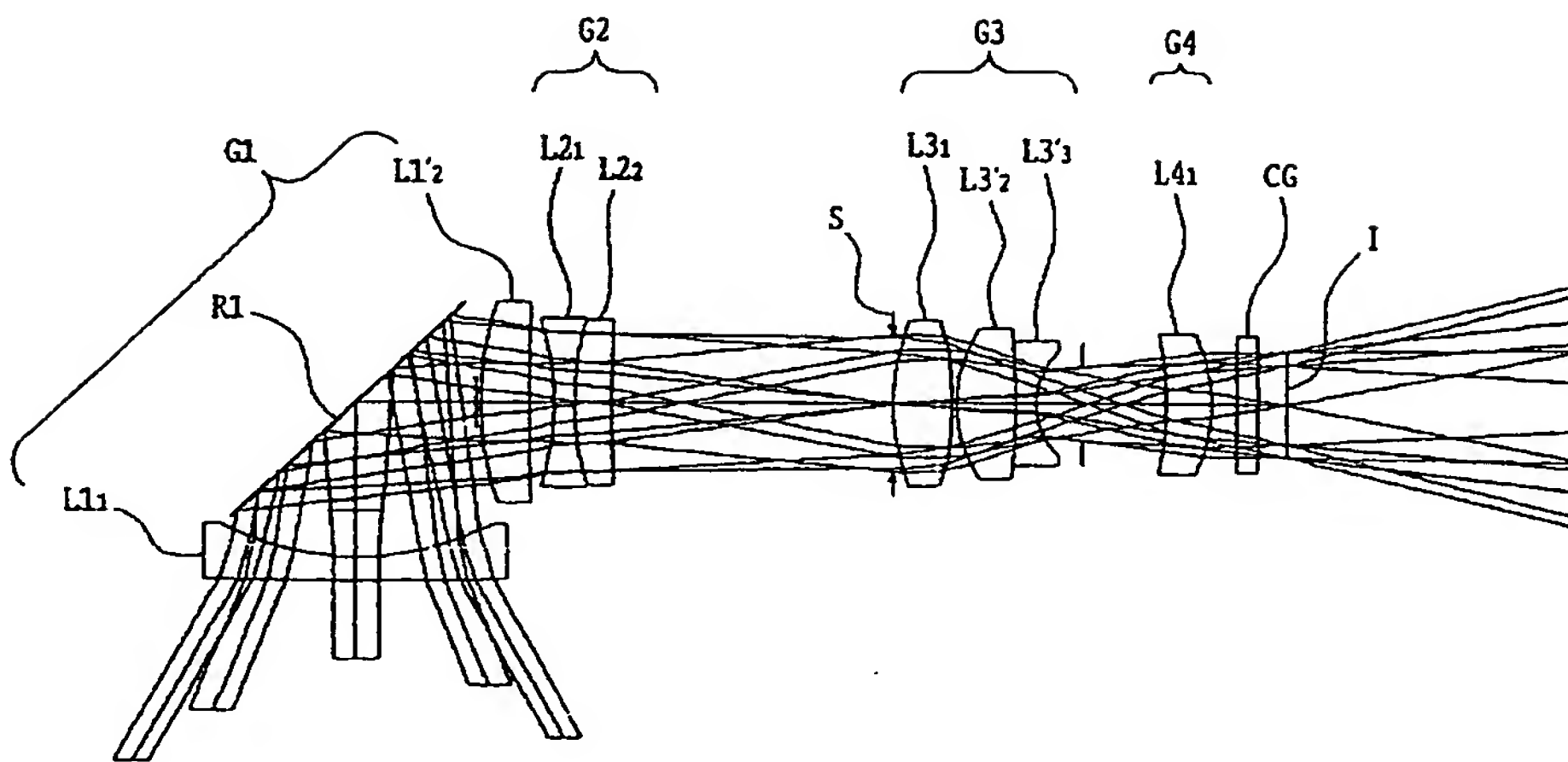
【図 20】



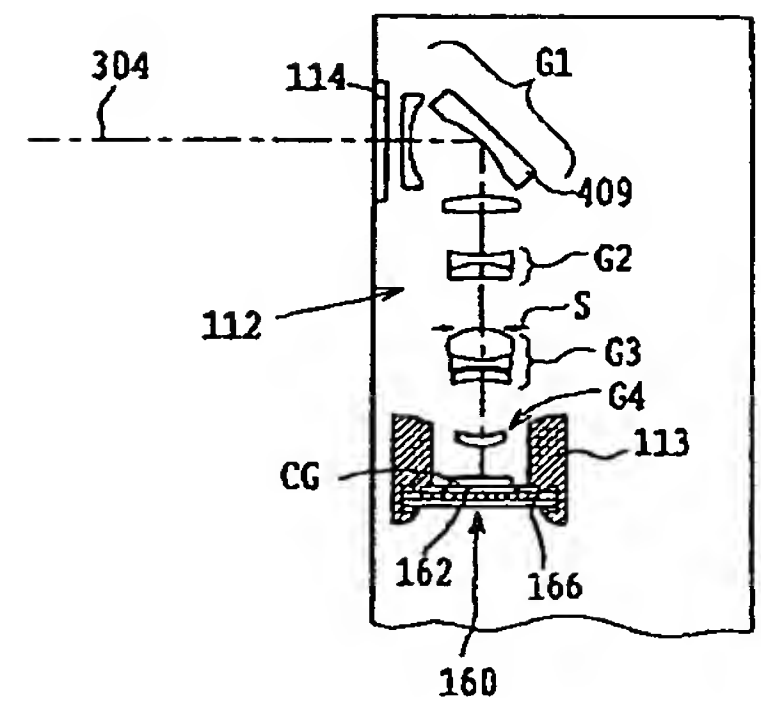
【図 49】



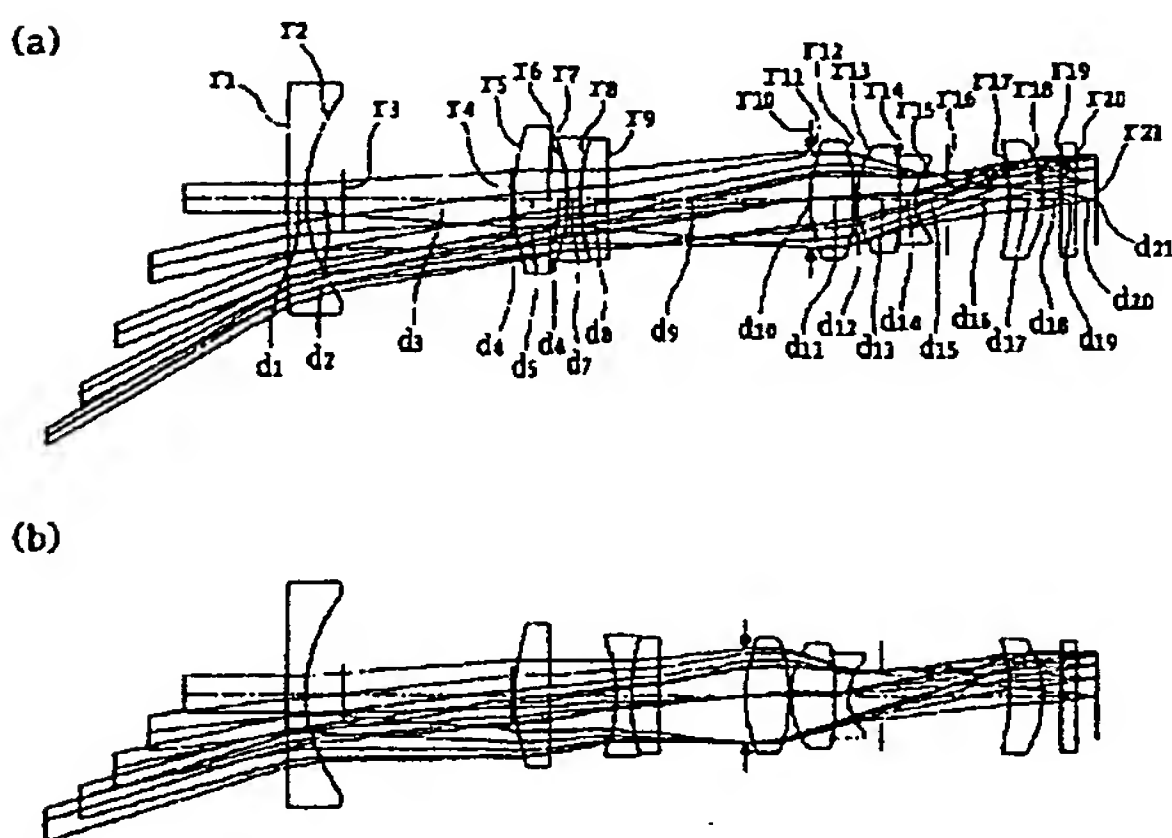
【図 2 2】



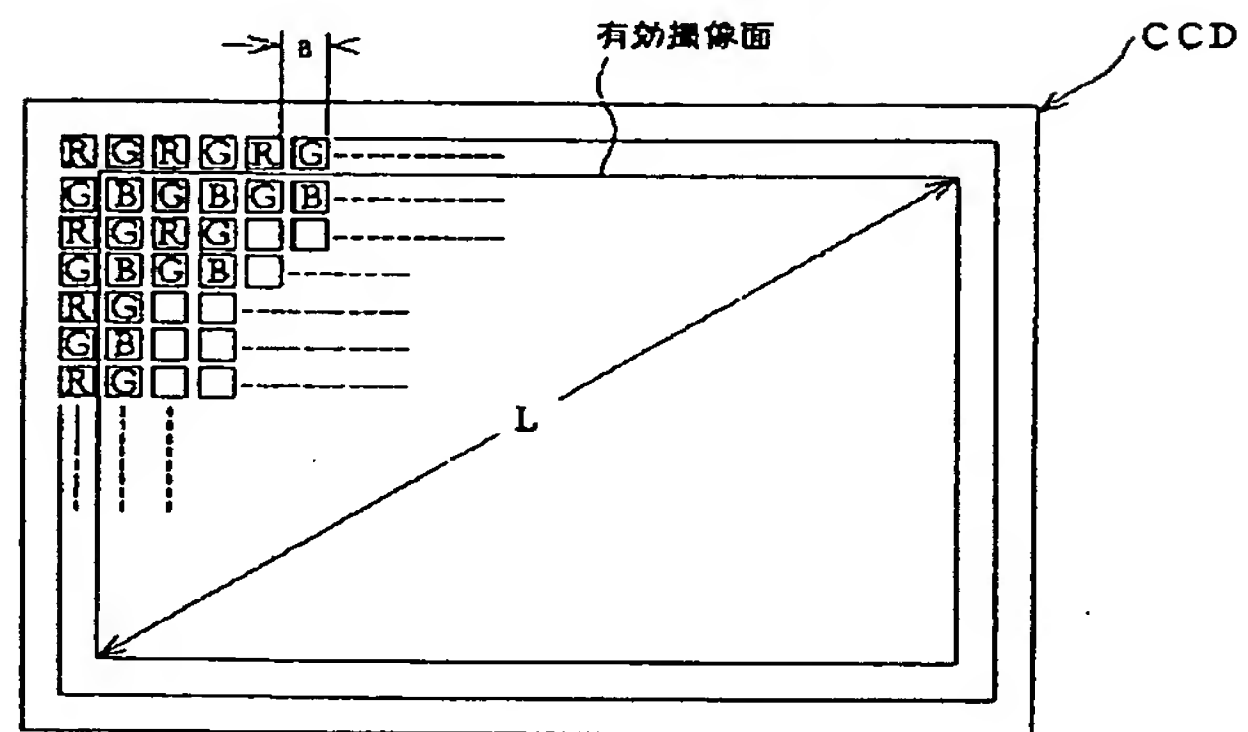
【図 5 2】



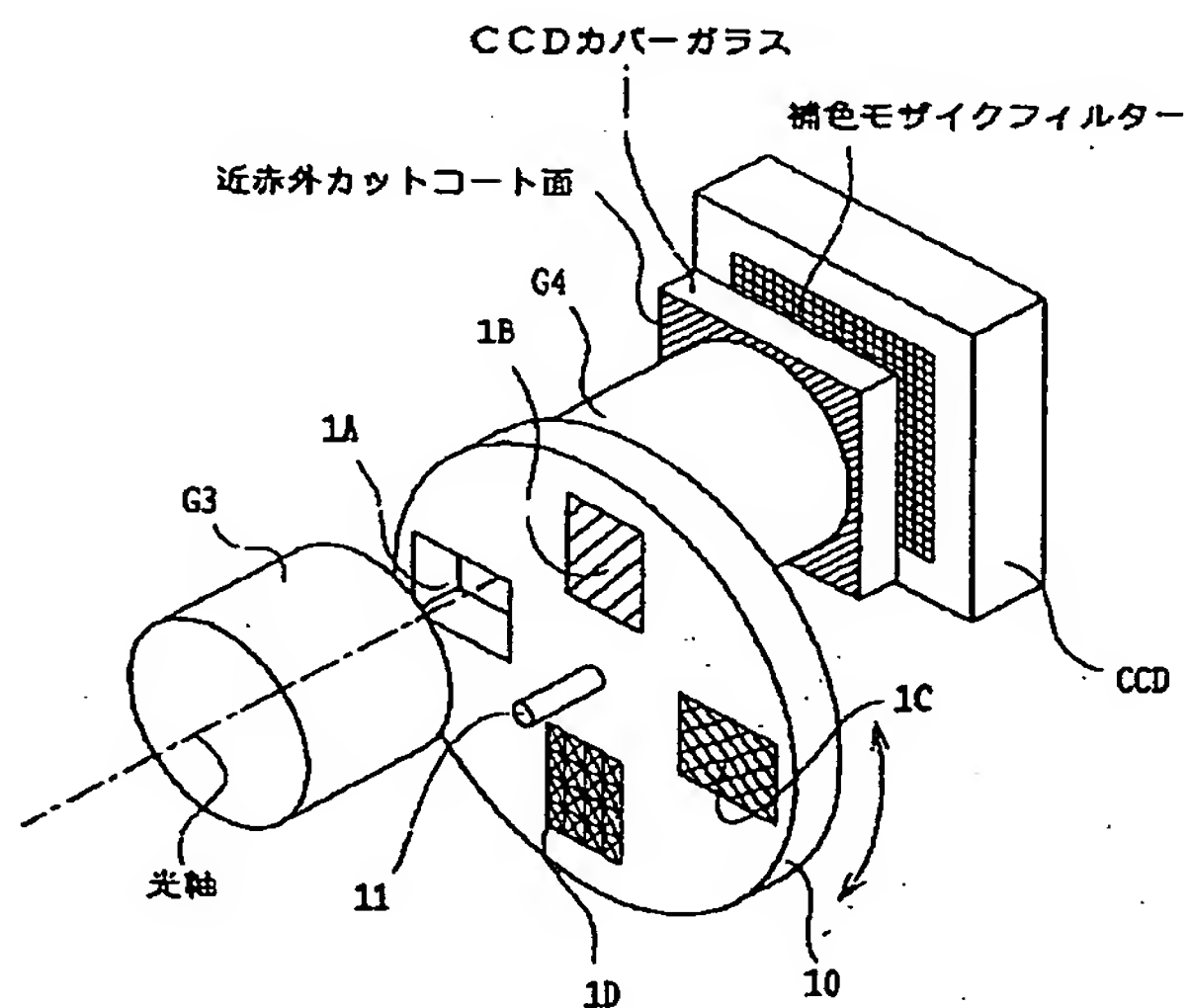
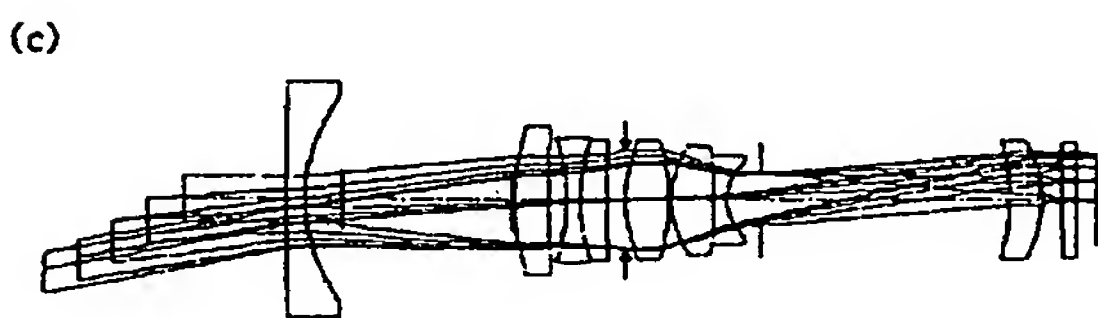
【図 2 3】



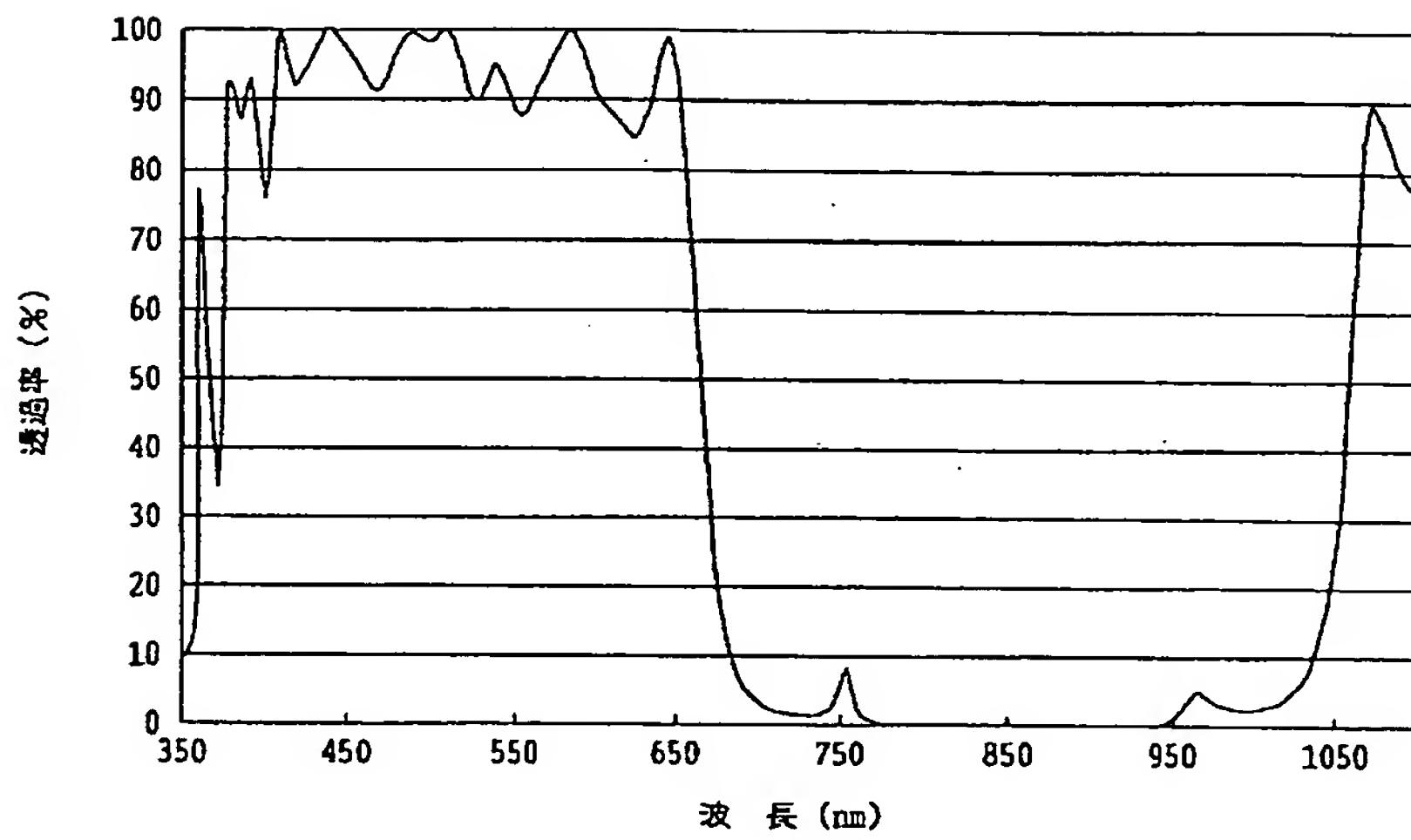
【図 2 4】



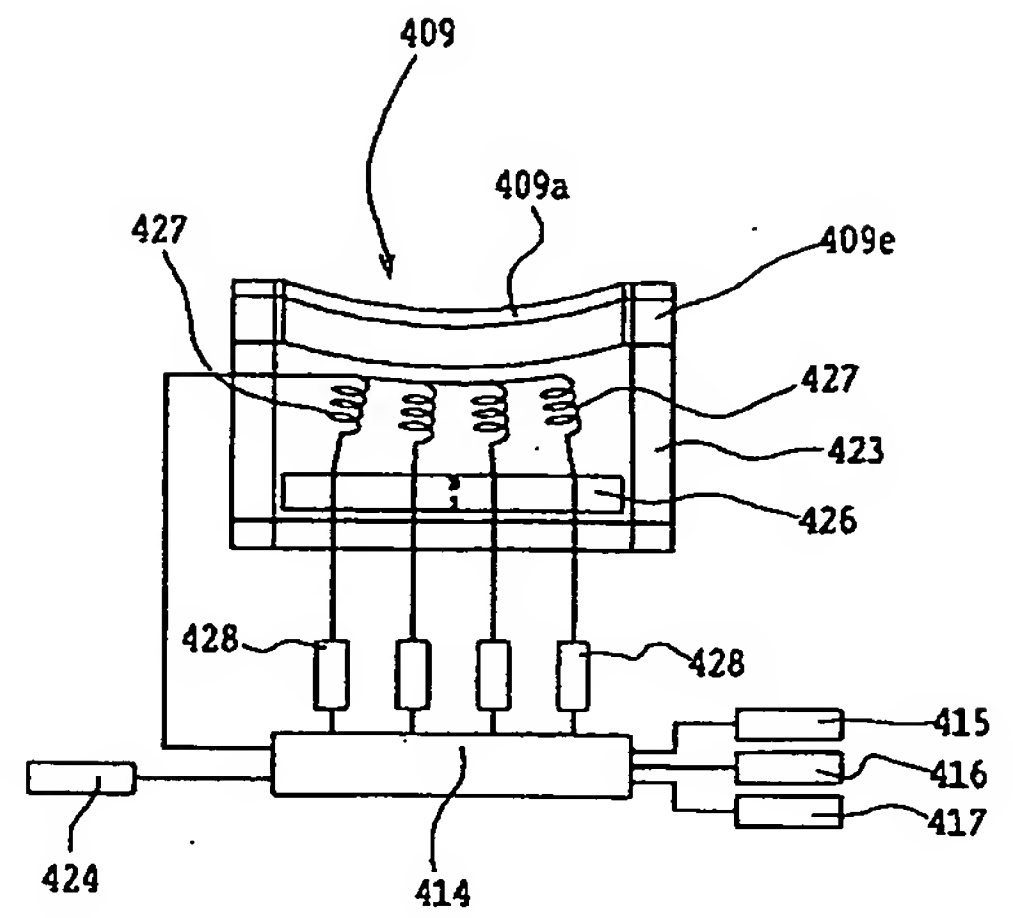
【図 3 1】



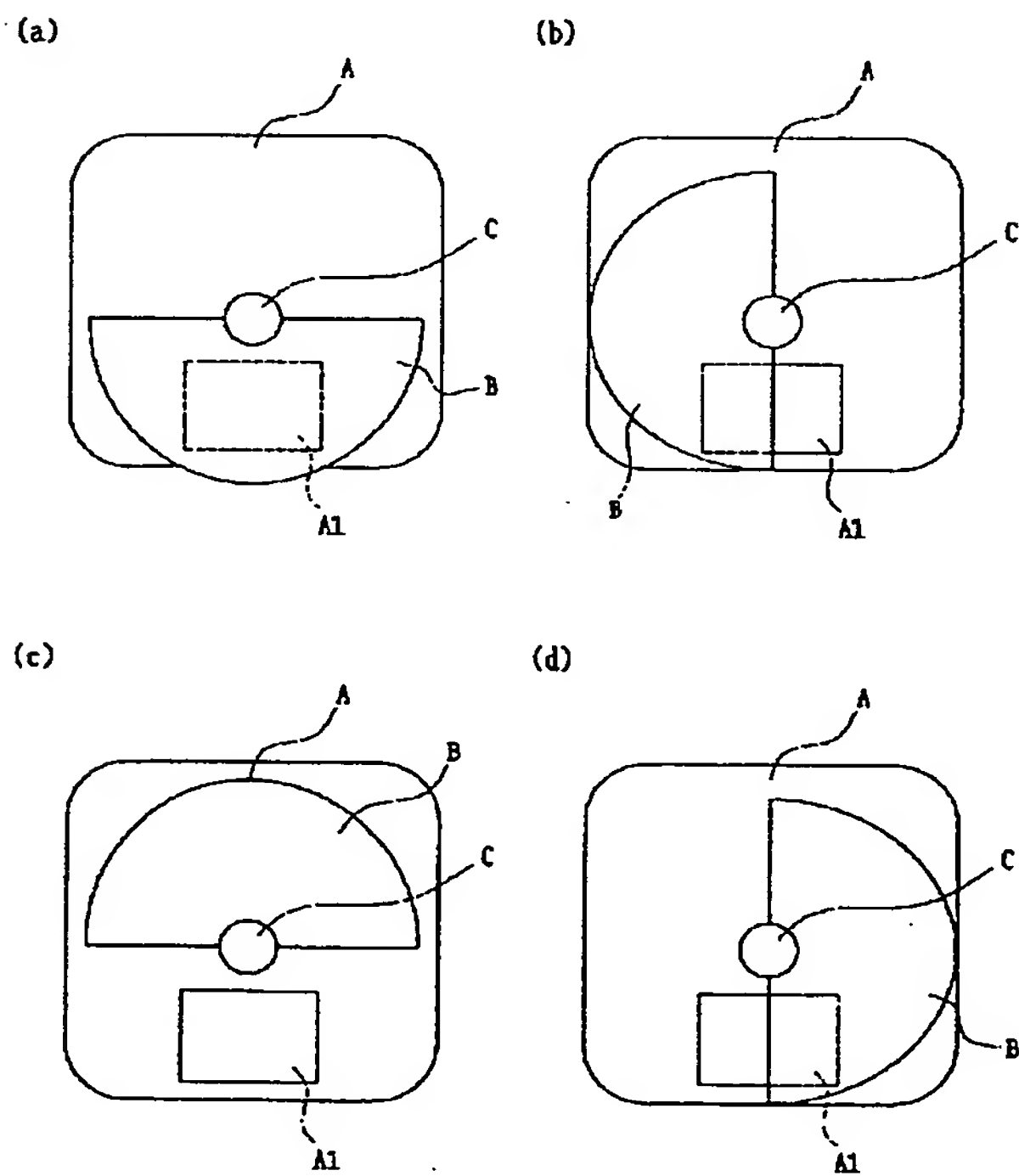
【図 25】



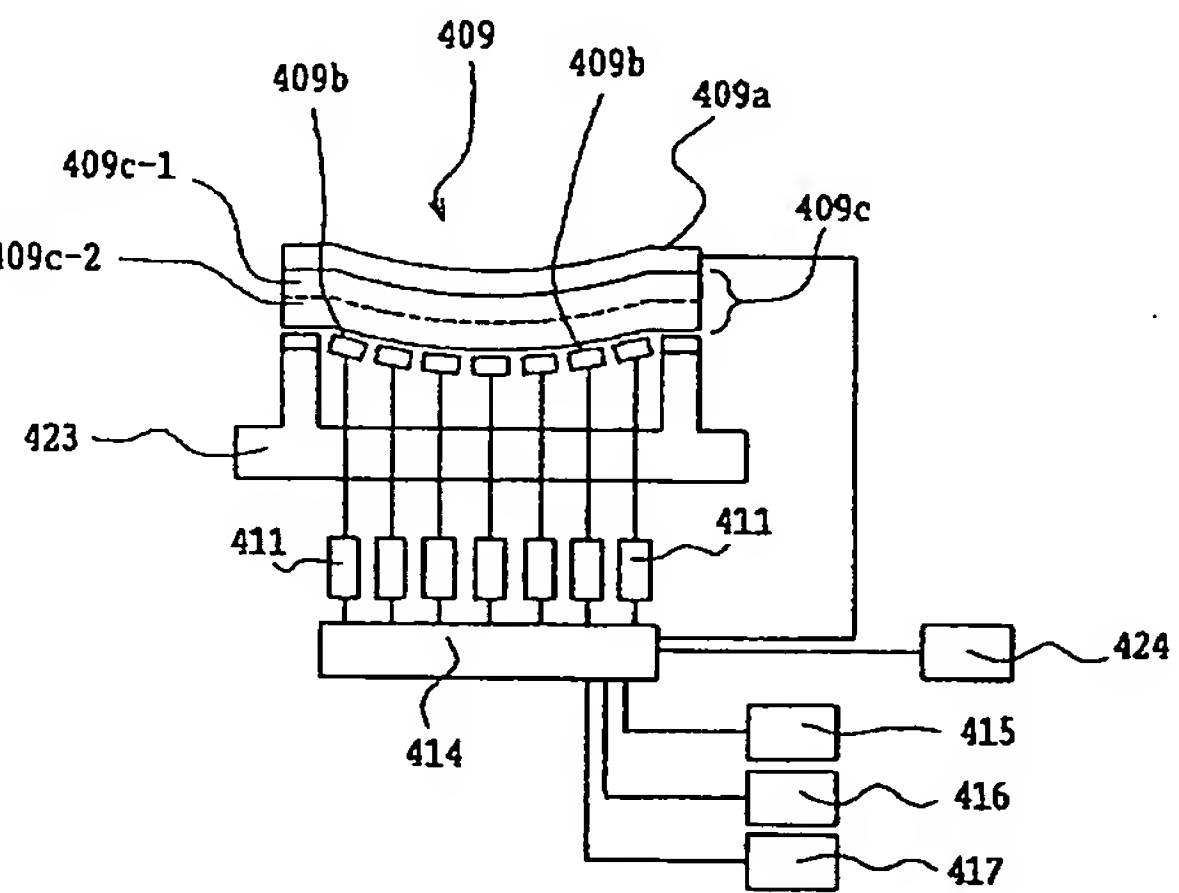
【図 41】



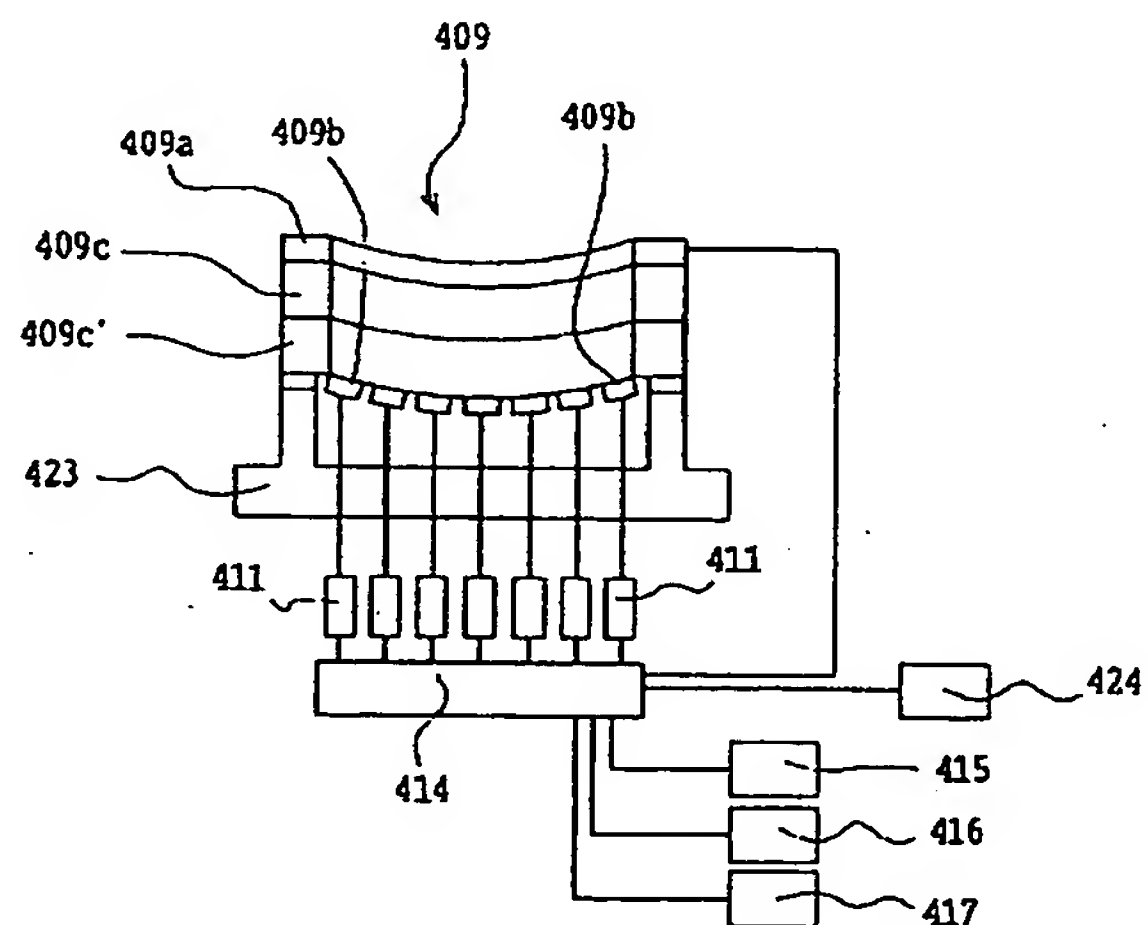
【図 35】



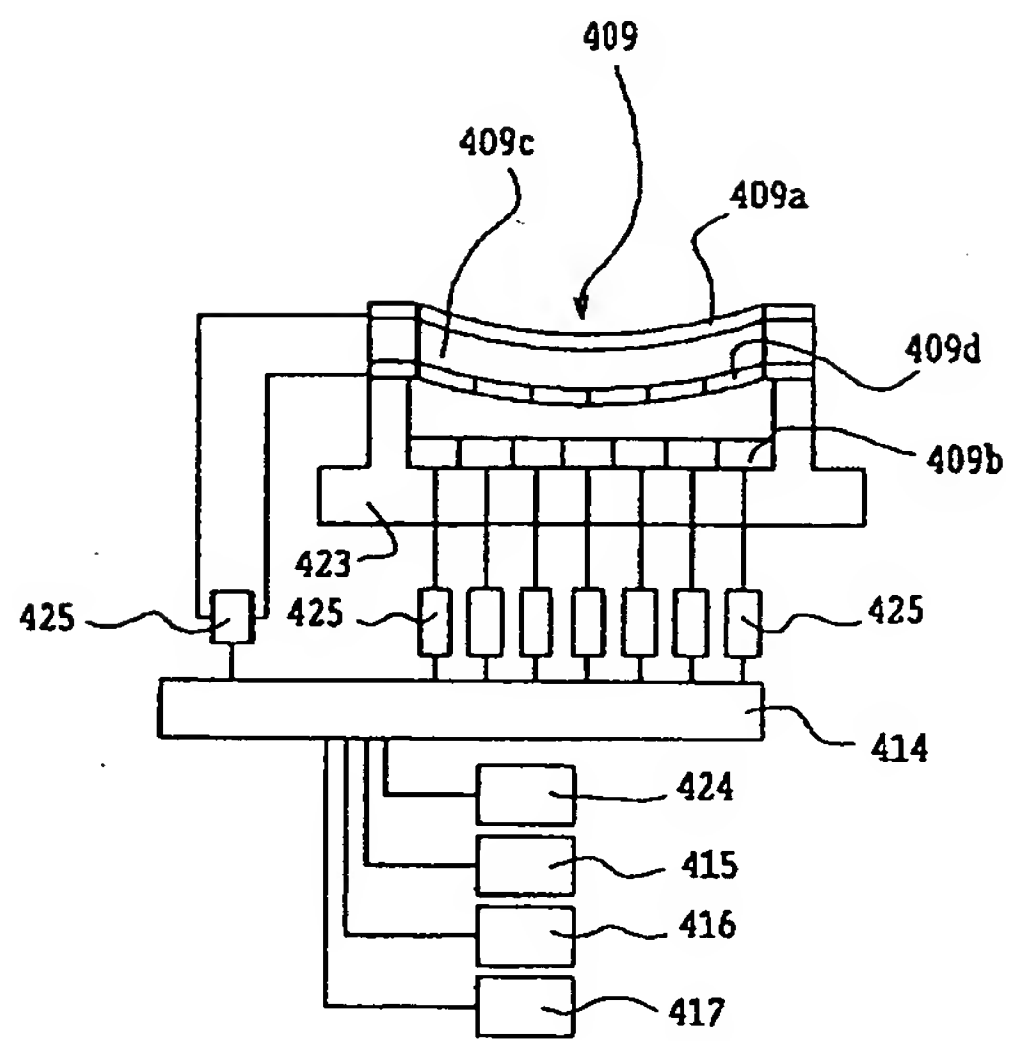
【図 36】



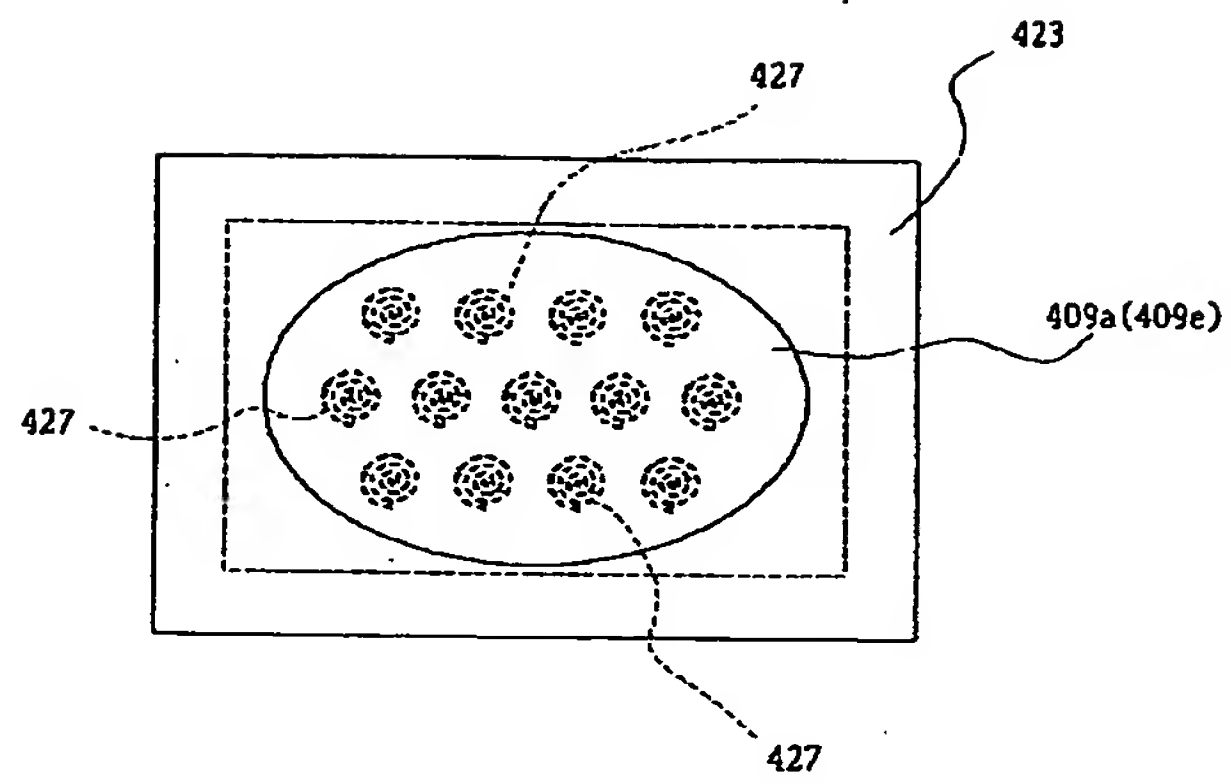
【図 39】



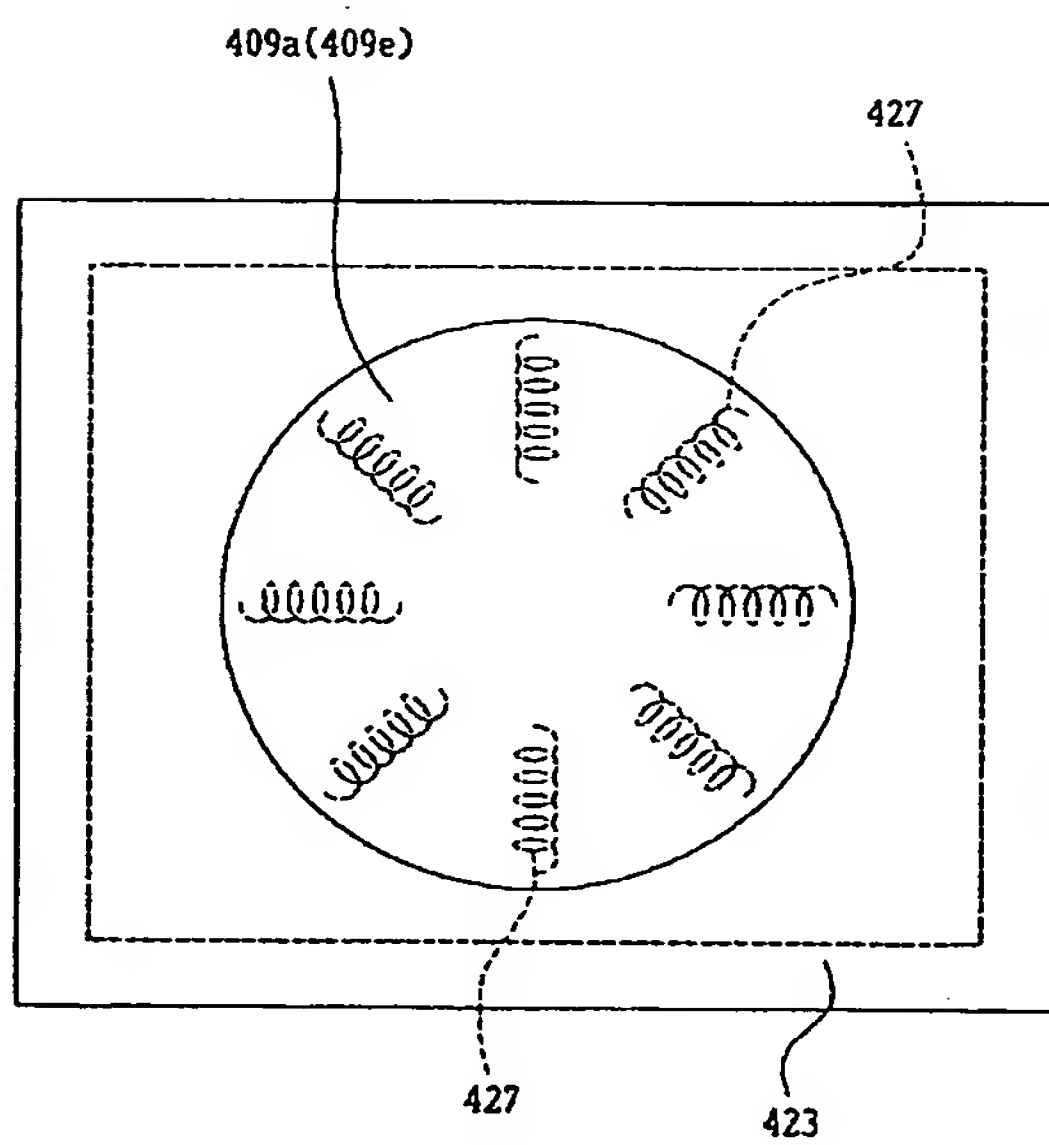
【図 40】



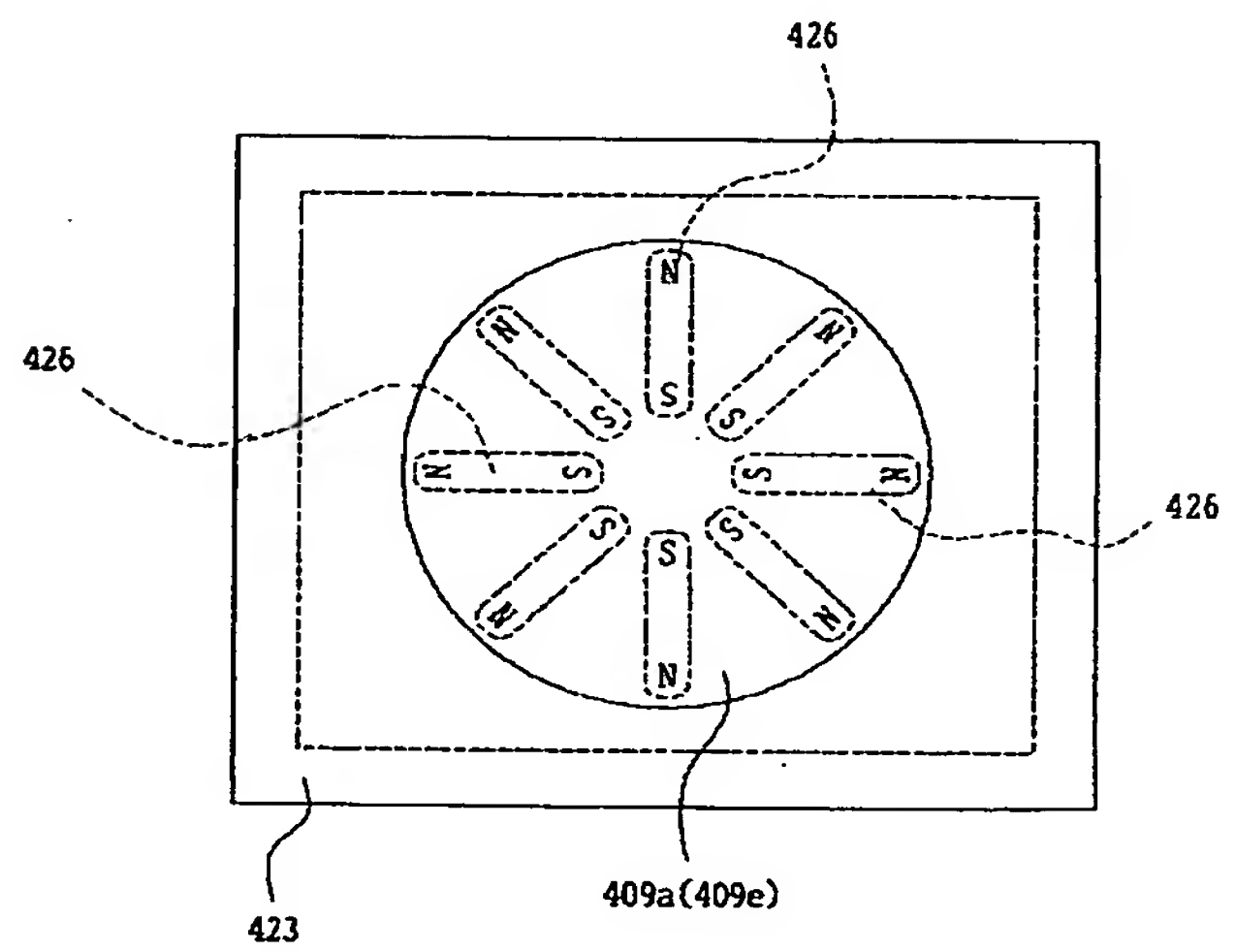
【図 44】



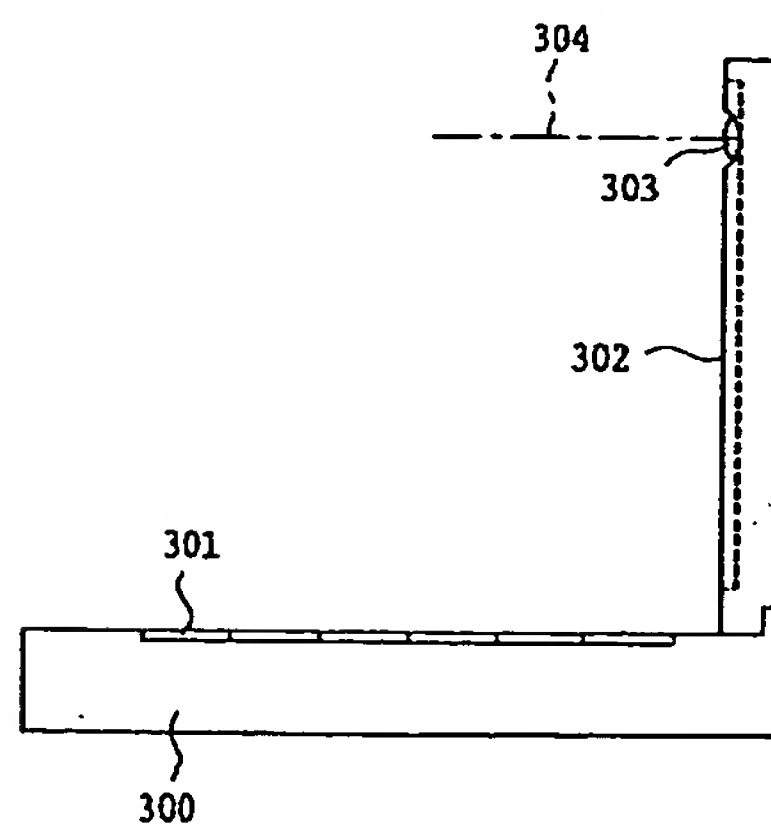
【図 45】



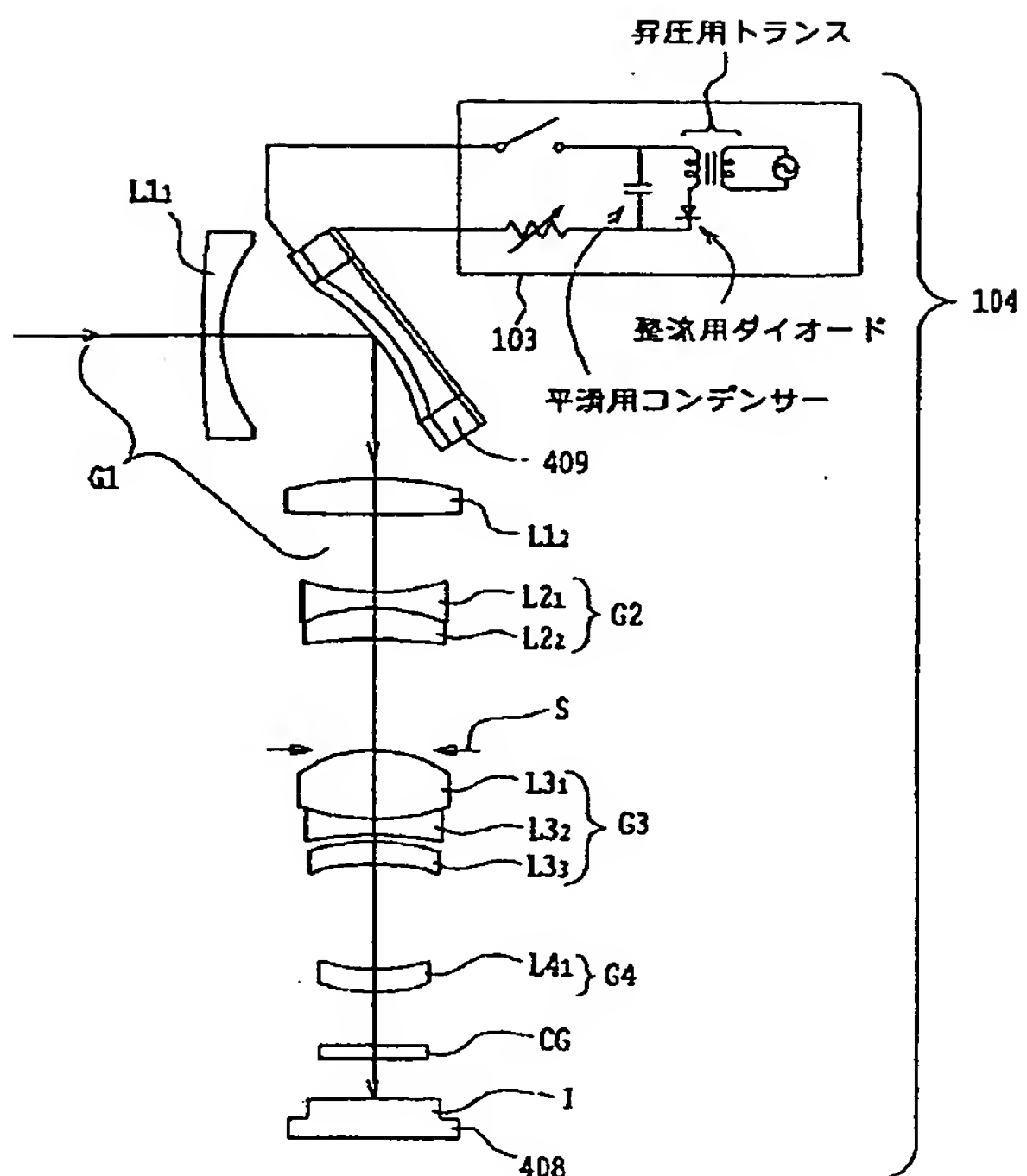
【図 46】



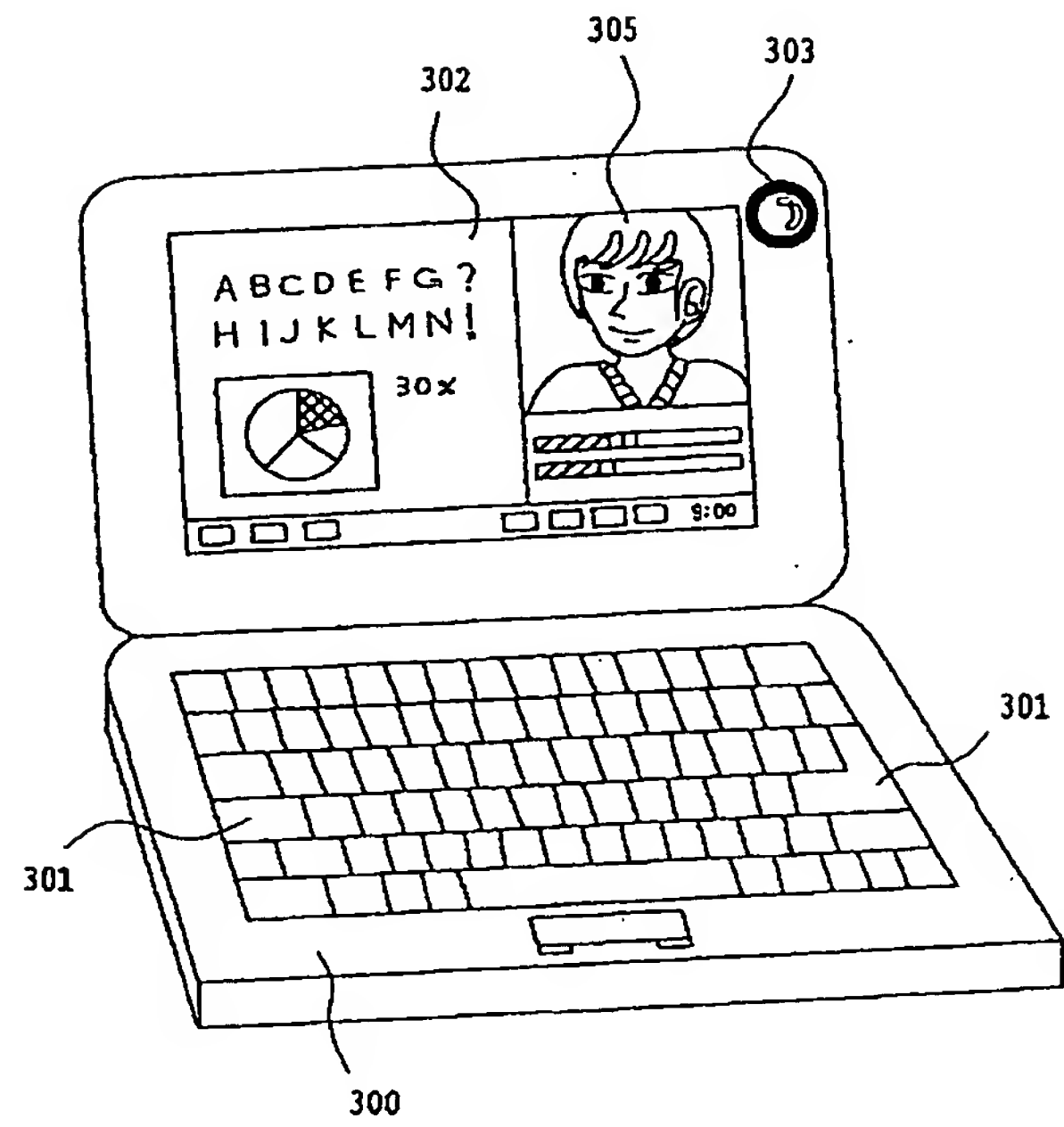
【図 53】



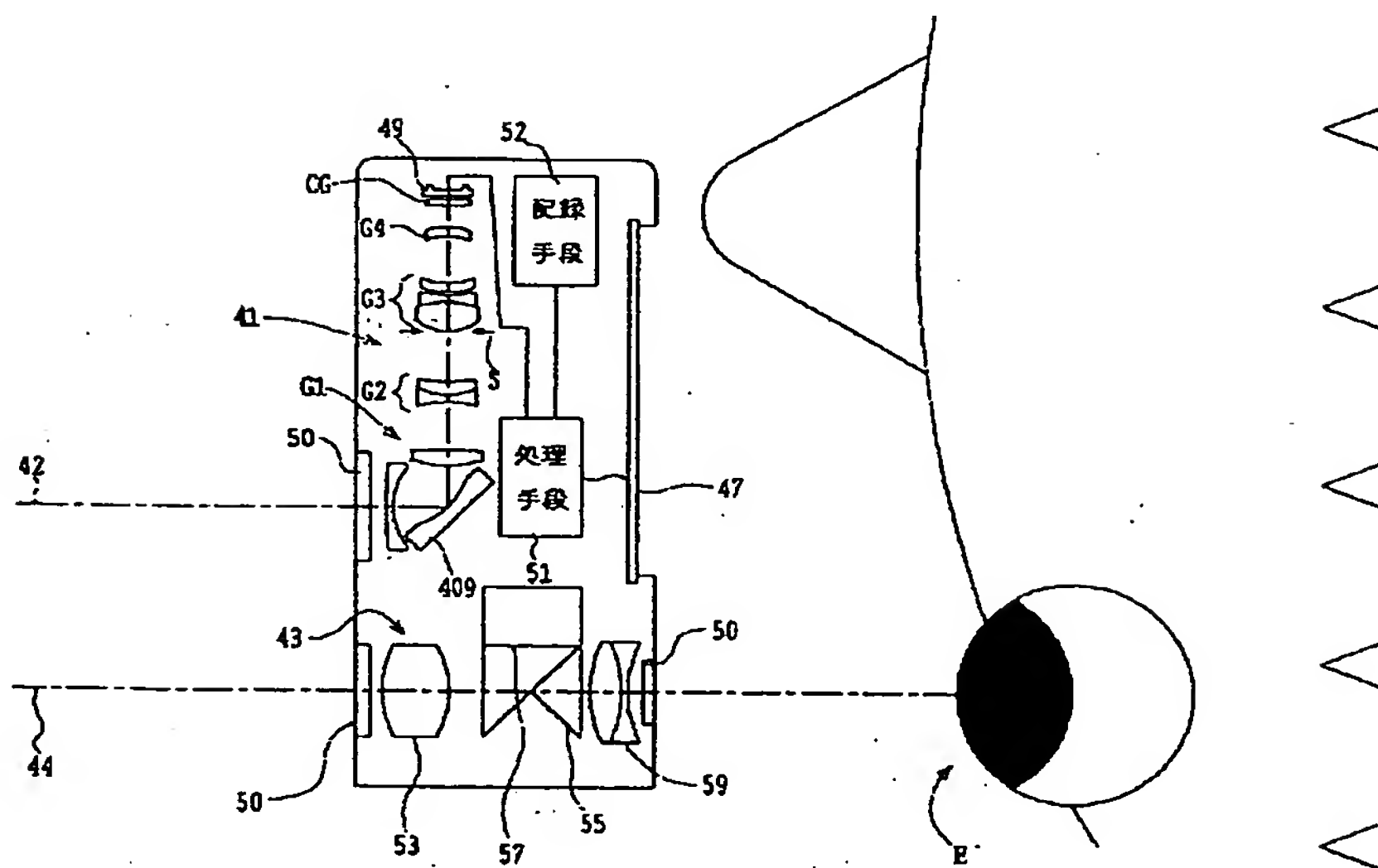
【図 47】



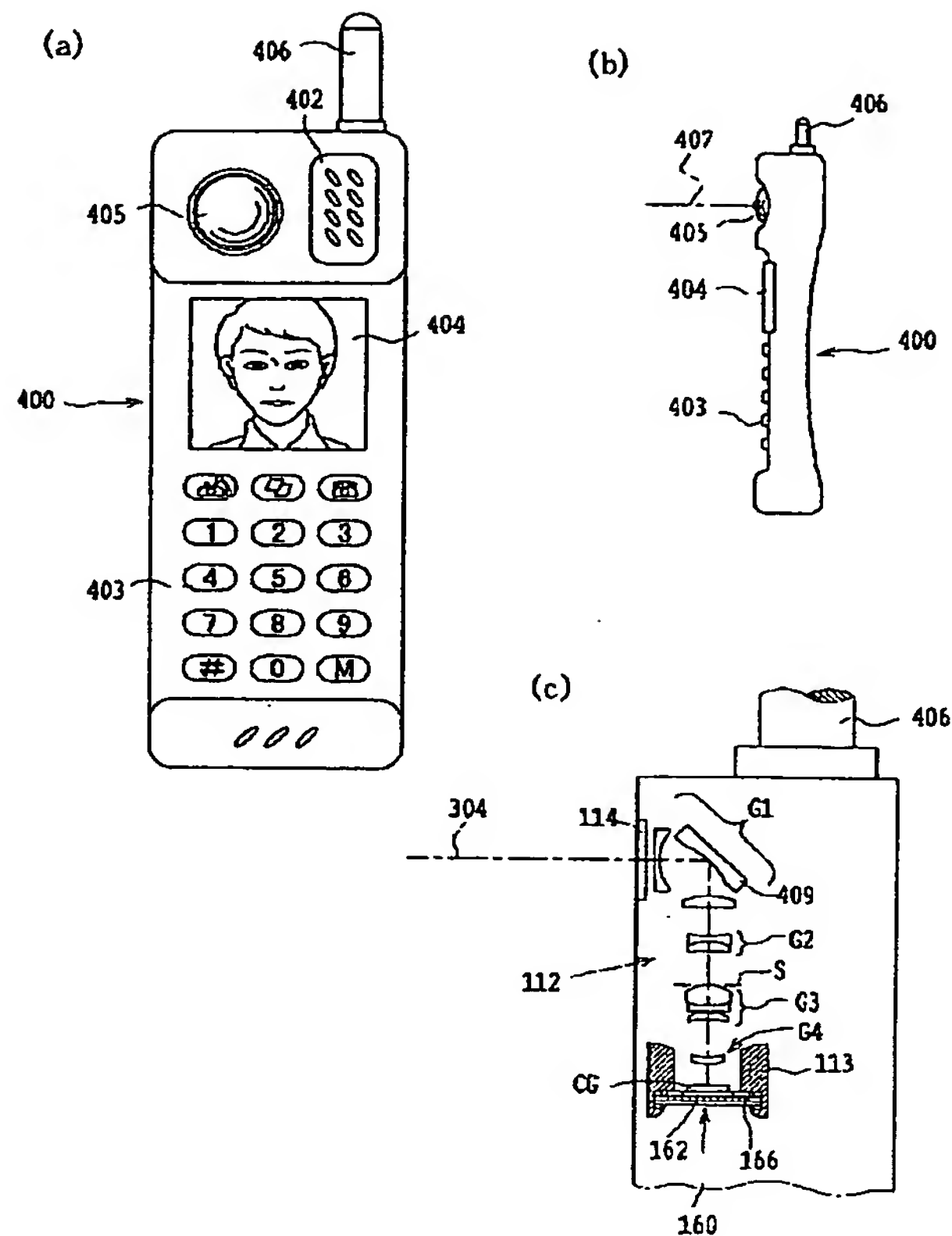
【図 51】



【図 50】



【図54】



【手続補正書】

【提出日】平成14年5月15日(2002.5.15)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項2

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項2】 物体側から順に、変倍時に固定の最物体側レンズ群としての第1レンズ群と、負の屈折力を有し、変倍時に光軸上を移動する第1移動レンズ群としての第2レンズ群と、正の屈折力を有し、変倍時に光軸上を移動する第2移動レンズ群としての第3レンズ群と、最も像側に配置された最像側レンズ群とを有し、前記第1レンズ群が、物体側から順に、負レンズ成分と、光路を折り曲げるための反射面を持つ表面鏡と、正レンズ成分を有し、

前記反射面が、形状可変であることを特徴とするズームレンズ。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正内容】

【0008】また、本第2の発明によるズームレンズは、物体側から順に、変倍時に固定の最物体側レンズ群としての第1レンズ群と、負の屈折力を有し、変倍時に光軸上を移動する第1移動レンズ群としての第2レンズ群と、正の屈折力を有し、変倍時に光軸上を移動する第2移動レンズ群としての第3レンズ群と、最も像側に配置された最像側レンズ群とを有し、前記第1レンズ群が、物体側から順に、負レンズ成分と、光路を折り曲げるための反射面を持つ表面鏡と、正レンズ成分を有し、前記反射面が、形状可変であることを特徴とする。

フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

識別記号

F I

テ-マコード (参考)

G 0 3 B 17/17

G 0 3 B 3/04

H 0 4 N 5/225

F タ-ム (参考) 2H041 AA11 AB14 AB38 AC06 AZ02
AZ05
2H051 AA00 FA07 GB01
2H087 KA01 LA02 PA06 PA19 PB08
QA02 QA07 QA17 QA21 QA26
QA32 QA41 QA46 RA01 SA63
SA64 SA72 SA75 SB03 SB13
SB24 SB32 TA01 TA03 TA08
2H101 FF08
5C022 AC42 AC54 AC65 AC66 AC69
AC74 AC78